MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ÎNVĂȚĂMÎNTULUI

Conf. dr. ing. PETRE SIMINEA
Șef lucrări ing. LUCIAN NEGREI

CONSTRUCȚII METALICE

CALCUL PRIN METODA STĂRILOR LIMITĂ

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ
BUCUREȘTI

Lucrarea a fost avizată de Catedra de construcții metalice, Consiliul profesoral și Biroul senatului Institutului de construcții — București

Redactor responsabil: ing. VIRGINIA RUSU
Tehnoredactor: TITEL BĂLĂIȚĂ

CUPRINS

Introducere 7

Cap. 1. **Oţeluri şi produse din oţel folosite în construcţii metalice** 9
1.1. Generalităţi 9
1.2. Oţeluri 9
1.3. Stabilirea clasei de calitate a oţelurilor 9
1.4. Produse din oţel 11

Cap. 2. **Acţiuni - încărcări. Metoda de calcul a construcţiilor metalice. Stări de tensiune. Condiţii constructive** 13
2.1. Acţiuni - încărcări 13
2.1.1. Generalităţi 13
2.1.2. Caracteristicile şi clasificarea încărcărilor 14
2.1.3. Încărcări permanente 14
2.1.4. Încărcări temporare 16
2.1.5. Încărcări excepţionale 16
2.1.6. Gruparea încărcărilor 16
2.2. Metoda de calcul a construcţiilor metalice 18
2.2.1. Generalităţi 18
2.2.2. Principiul metodei 19
2.3. Stări de tensiune în elementele de construcţii metalice 21
2.4. Condiţii constructive 22
2.5. Aplicaţie 22

Cap. 3. **Bare solicitate la întindere** 26
3.1. Generalităţi 26
3.2. Tipuri de secţiuni 26
3.3. Verificare 27
3.4. Dimensionare 28
3.5. Condiţii constructive 29
3.6. Criterii de alcătuire economică 30
3.7. Algoritmi de dimensionare 31
3.8. Aplicaţii 31

Cap. 4. **Bare solicitate la răsucire** 36
4.1. Generalităţi 36
4.2. Răsucire fără deplanare 37
4.2.1. Distribuţia tensiunilor 37
4.2.2. Relaţii de verificare 38
4.3. Răsucirea cu deplanare liberă 38
4.3.1. Distribuţia tensiunilor 38
4.3.2. Relaţii de verificare 42
4.3.3. Criterii de alcătuire economică 42
4.4. Răsucirea cu deplanare împiedicată a barelor cu secţiune deschisă 42
4.4.1. Caracteristici geometrice ale secţiunilor 43
4.4.2. Distribuţia tensiunilor 48
4.4.3. Calculul caracteristicilor M_s, B, M_ω 50
4.4.4. Relaţii de verificare 52
4.5. Aplicaţii 52

Cap. 5. **Bare solicitate la compresiune** 61
5.1. Generalităţi 61

5.2. Tipuri de secţiuni 61
5.3. Fenomenul de pierdere a stabilităţii 62
5.4. Lungimi de flambaj 63
5.5. Verificare 64
5.5.1. Verificarea barelor cu secţiune plină sau compusă din elemente puţin depărtate, care îşi pierd stabilitatea prin încovoiere 64
5.5.2. Verificarea barelor cu secţiune plină care îşi pierd stabilitatea prin încovoiere-răsucire 66
5.5.3. Verificarea barelor cu secţiune compusă din elemente mult depărtate solidarizate cu plăcuţe sau zăbreluţe 69
5.5.4. Supleţea maximă a pereţilor barelor comprimate centric 72
5.5.5. Verificarea plăcuţelor şi zăbreluţelor 73
5.6. Dimensionare 75
5.7. Condiţii constructive 79
5.8. Criterii de alcătuire economică 80
5.9. Algoritmi de dimensionare 80
5.10. Aplicaţii 82
Cap. 6. Bare solicitate la încovoiere 100
6.1. Generalităţi 100
6.2. Tipuri de secţiuni 100
6.3. Verificare 100
6.3.1. Verificarea de rezistenţă 100
6.3.2. Verificarea stabilităţii generale 103
6.3.3. Verificarea stabilităţii locale 106
6.3.4. Verificarea săgeţii 114
6.3.5. Verificarea la oboseală 115
6.4. Dimensionare 116
6.4.1. Dimensionarea secţiunilor I simetrice compuse, din tablă sudată 117
6.4.2. Dimensionarea secţiunilor I nesimetrice compuse, din tablă sudată 118
6.4.3. Dimensionarea secţiunilor compuse, din profile laminate 120
6.5. Condiţii constructive 121
6.6. Criterii de alcătuire economică 122
6.7. Algoritm de dimensionare 123
6.8. Aplicaţii 125
Cap. 7. Bare solicitate la forţă axială şi încovoiere 140
7.1. Generalităţi 140
7.2. Tipuri de secţiuni 140
7.3. Verificare 141
7.3.1. Verificări de rezistenţă şi stabilitate 141
7.3.2. Supleţea maximă a pereţilor barelor solicitate la compresiune şi încovoiere 151
7.3.3. Verificarea zăbreluţelor şi plăcuţelor de solidarizare a elementelor secţiunilor compuse 153
7.4. Dimensionare 153
7.5. Condiţii constructive 159
7.6. Aplicaţii 160
Cap. 8. Îmbinarea elementelor metalice 174
8.1. Clasificarea îmbinărilor 174
8.2. Îmbinări cu nituri — elemente de calcul 175
8.3. Îmbinări cu şuruburi 176
8.3.1. Calitatea şi clasificarea şuruburilor 176
8.3.2. Alegerea tipului de şurub în funcţie de solicitarea în tijă 176
8.3.3. Îmbinări cu şuruburi — elemente de calcul 177
8.3.4. Dimensionarea unei îmbinări cu şuruburi (nituri) supusă la solicitări în planul ei 177
8.3.5. Dimensionarea unei îmbinări cu şuruburi (nituri) supusă la solicitări în plan perpendicular pe planul ei 179
8.3.6. Verificarea unei îmbinări cu şuruburi, cu solicitări în planul îmbinării şi în plan perpendicular pe planul îmbinării 180
8.4. Îmbinări cu şuruburi de înaltă rezistenţă pretensionate 181
8.5. Îmbinări cu sudură 182
8.5.1. Tipuri de îmbinări cu sudură 182
8.5.2. Tipuri de cordoane de sudură 183
8.5.3. Rezistenţe de calcul ale cordoanelor de sudură 183
8.5.4. Caracteristici geometrice ale cordoanelor de sudură 184

8.5.5. Schema generală pentru dimensionarea unei îmbinări cu sudură 184
8.5.6. Stabilirea claselor de calitate ale sudurilor cerută la proiectare 185
8.6. Aplicaţii 186
Anexa 1. Oţeluri folosite în construcţii metalice 209
Anexa 2. Produse din oţel folosite în construcţii metalice: dimensiuni, mase, caracteristici geometrice 215
Anexa 3. Elemente pentru calculul construcţiilor metalice 277
Anexa 4. Elemente pentru calculul static al construcţiilor 317
Anexa 5. Categorii de importanţă a construcţiilor şi a elementelor de construcţii; stabilirea claselor de calitate ale sudurilor 335
Anexa 6. Acţiuni — încărcări 340
Anexa 7. Alegerea oţelurilor pentru construcţii metalice 367

INTRODUCERE

Lucrarea se înscrie, prin forma şi conţinutul ei, în obiectul cursului de profil — Construcţii metalice — care se predă la facultăţile de construcţii din ţară, completînd şi îmbogăţind latura aplicativă a acestuia.

Apariţia ediţiei de faţă a lucrării a fost impusă de următoarele considerente principale:

— introducerea metodei de calcul a construcţiilor metalice la stările limită — STAS 10 108/0-78;

— insuficienţa unor materiale tipărite privind calculul construcţiilor metalice la stările limită;

— necesitatea punerii la dispoziţia studenţilor a unor materiale actualizate, în concordanţă cu prescripţiile în vigoare şi cu noile realizări ale cercetării ştiinţifice, pentru a fi utilizate în activităţile didactice şi productive de proiectare ale studenţilor şi inginerilor.

Autorii s-au străduit, ţinînd seama de experienţa primei ediţii a lucrării apărute în 1975, să structureze lucrarea astfel încît să ofere studenţilor cunoştinţele fundamentale într-o formă ordonată, uşor de însuşit şi folosit în activitatea didactică şi productivă de proiectare.

Lucrarea cuprinde sistematizări pentru calculul manual, algoritmi pentru calculul automat, un număr suficient de anexe necesare rezolvării problemelor curente de proiectare şi aplicaţii specifice. Introducerea algoritmilor pentru calculul automat este în legătură cu tendinţa, din ce în ce mai accentuată, de proiectare automată şi în domeniul construcţiilor metalice.

În lucrare sînt introduse criterii de alcătuire economică a secţiunilor şi elementelor din oţel.

S-a urmărit, în general, în cadrul fiecărei aplicaţii, integrarea unui ansamblu de cunoştinţe, plecînd de la determinarea încărcărilor, a schemei statice, la determinarea eforturilor, alcătuirea economică a secţiunii, verificări de rezistenţă şi stabilitate, deformaţie şi finalizare prin reprezentare grafică a rezolvării efectuate. Acest mod de abordare a lucrării permite modelarea gîndirii în conformitate cu procesul real, complex al muncii de proiectare, al activităţii practice.

Concepută în concordanţă cu standardele şi normele în vigoare, lucrarea urmăreşte în primul rînd scopul didactic,

adresîndu-se studenţilor de la specialitatea Construcţii civile, industriale şi agricole Totodată, constituind un instrument de-sine-stătător, lucrarea serveşte inginerilor şi subinginerilor din proiectare şi execuţie.

Autorii aduc mulţumiri, pe această cale, tuturor celor care au apreciat lucrarea şi au făcut sugestii pentru îmbunătăţirea acesteia.

Conştienţi de necesitatea perfecţionării în continuare a lucrării, considerăm că orice sugestie va fi binevenită activităţii căreia autorii s-au consacrat.

AUTORII

CAPITOLUL 1

OȚELURI ȘI PRODUSE DIN OȚEL FOLOSITE ÎN CONSTRUCȚII METALICE

1.1. GENERALITĂȚI

Alegerea, în general, a unui material de construcție este o problemă complexă care are la bază necesitatea realizării construcțiilor în condiții de eficiență maximă.

Din oțel, se realizează, cu precădere următoarele tipuri de construcții:

— construcții industriale: hale industriale (în special pentru industria grea), estacade pentru poduri rulante grele, platforme pentru susținerea unor utilaje grele și cu acțiuni dinamice etc.;

— construcții înalte: turnuri și piloni pentru susținere de antene de telecomunicații, stîlpi pentru susținerea liniilor electrice aeriene, masturi de foraj, coșuri de fum etc.;

— construcții din tablă: buncăre, silozuri și rezervoare de mare capacitate, furnale, preîncălzitoare, conducte, coloane tehnologice pentru industria chimică etc.;

— construcții de deschidere mare: săli de sport, hangare, garaje etc.;

— poduri rulante, macarale fixe și mobile.

1.2. OȚELURI

Se folosesc, în general, oțeluri carbon și oțeluri slab aliate cu un conținut de carbon redus (0,15—0,25%).

În schema 1.1 se observă locul pe care îl ocupă oțelurile folosite în construcții metalice printre numeroasele tipuri de oțeluri ce se fabrică (schema nu are un caracter limitativ).

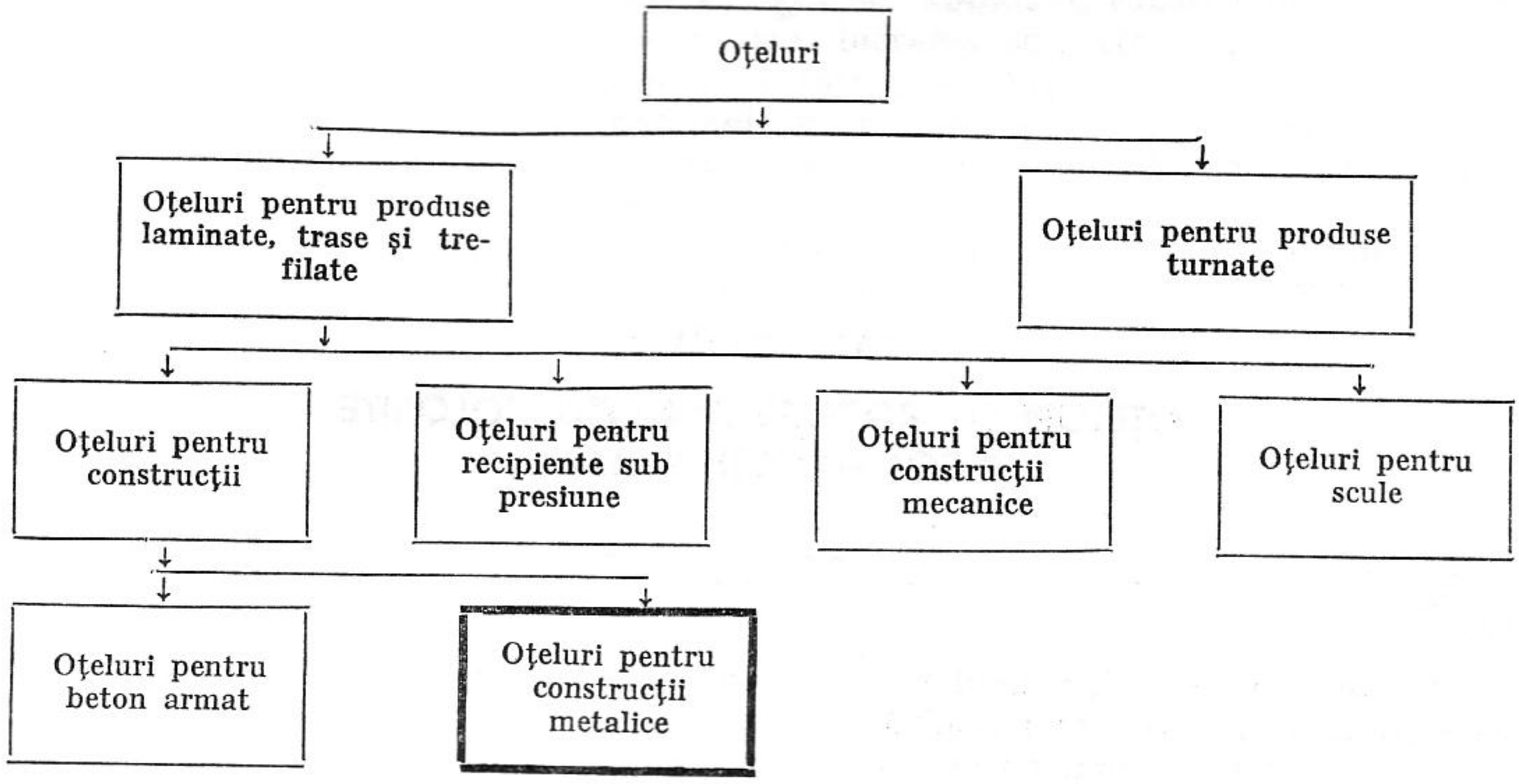
La rîndul lor, oțelurile folosite în construcții metalice pot fi clasificate ca în schema 1.2.

În anexa 1 sînt prezentate caracteristici referitoare la oțelurile de uz general pentru construcții, oțeluri rezistente la coroziune, oțeluri cu granulație fină.

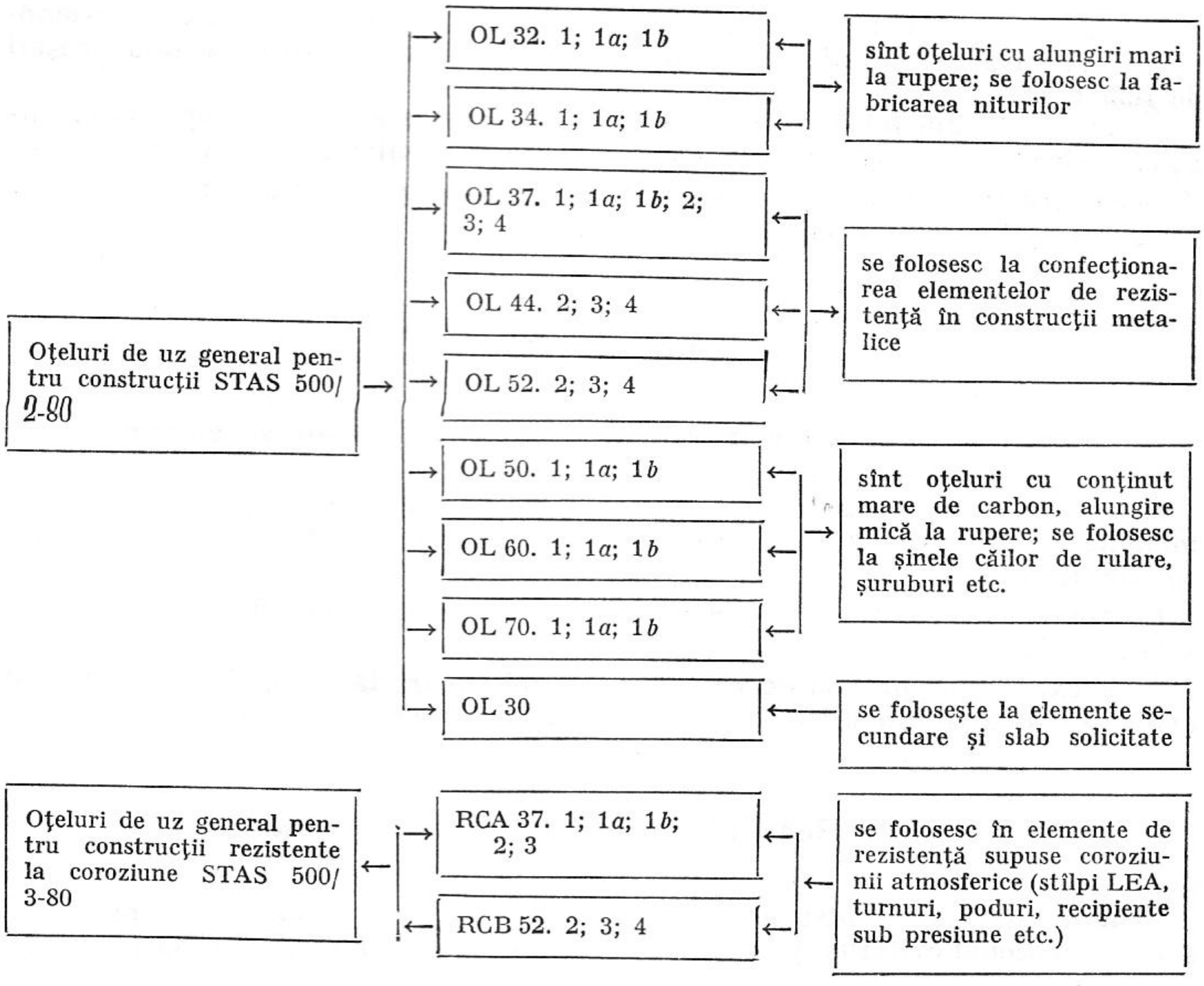
1.3. STABILIREA CLASEI DE CALITATE A OȚELURILOR

Criteriile generale pentru alegerea clasei de calitate a oțelurilor în construcții sudate, în scopul evitării ruperilor fragile, sînt cuprinse în STAS R 8542 (anexa 7).

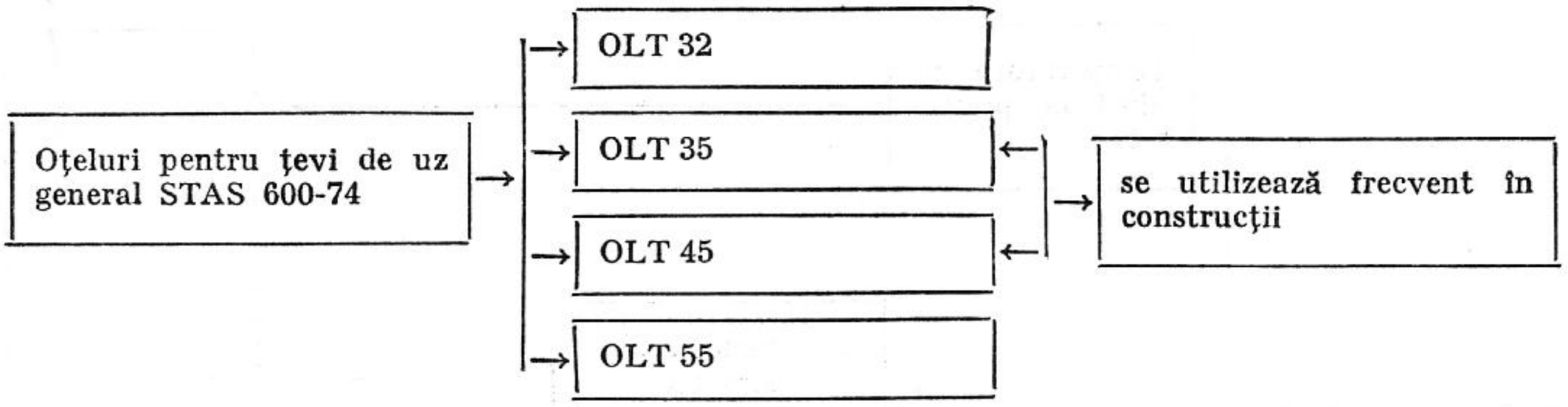
Schema 1.1



Schema 1.2



Schema 1.2 (continuare)



Factorii principali de care se ţine seama în alegerea clasei de calitate sînt evidenţiaţi în schema 1.3.

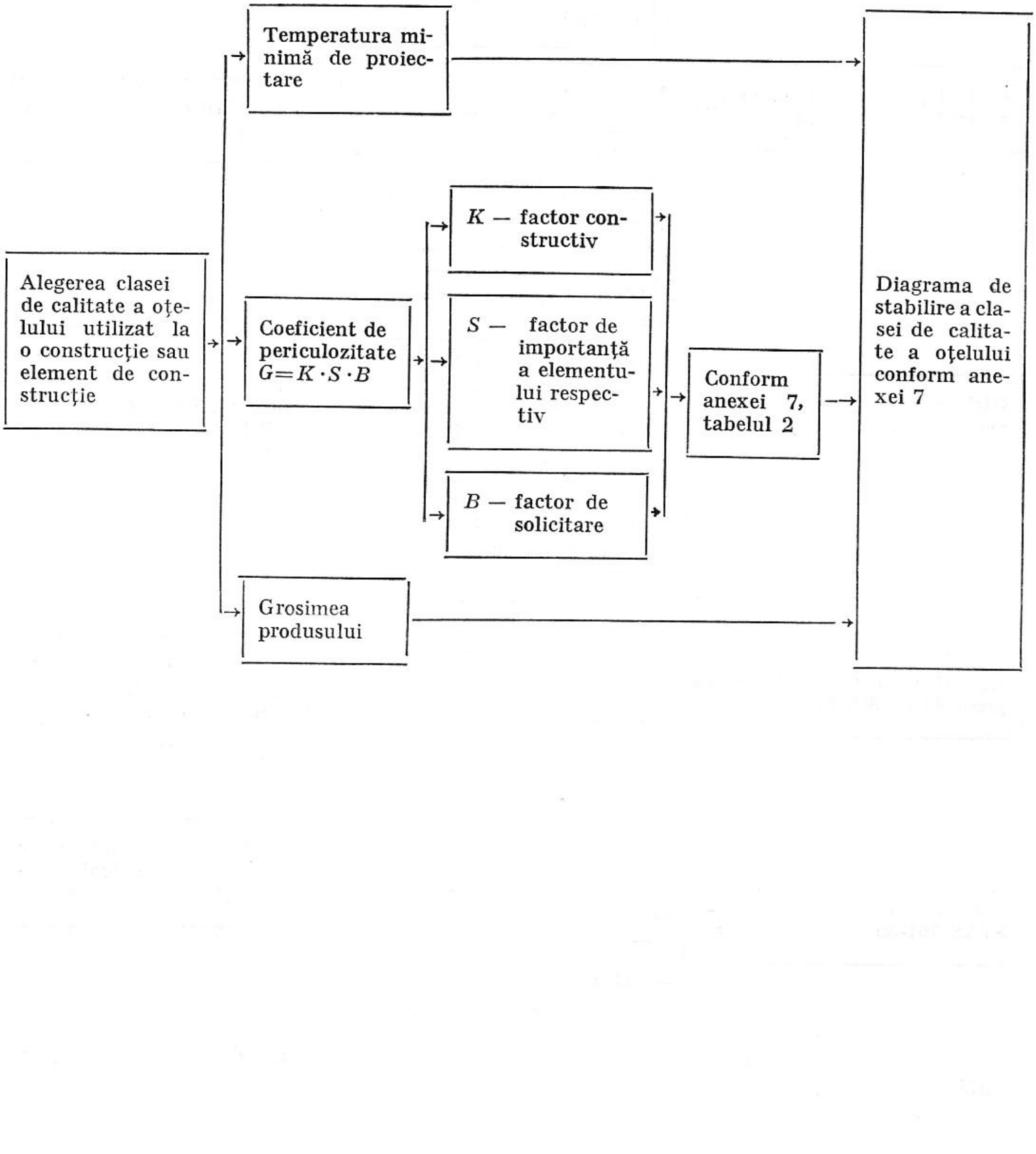
1.4. PRODUSE DIN OŢEL

În construcţii metalice se utilizează produse din oţel obţinute prin laminare la cald sau formate la rece:

— profile laminate la cald şi ţevi;
— profile plate laminate la cald;
— profile cu pereţi subţiri formate la rece.

În anexa 2 sînt prezentate sortimentele, dimensiunile, masele şi caracteristicile geometrice ale principalelor produse din oţel folosite în construcţii metalice.

Schema 1.3


Temperatura minimă de proiectare
Alegerea clasei de calitate a oţelului utilizat la o construcţie sau element de construcţie
Coeficient de periculozitate $G=K\cdot S\cdot B$
K — factor constructiv
S — factor de importanţă a elementului respectiv
B — factor de solicitare
Conform anexei 7, tabelul 2
Grosimea produsului
Diagrama de stabilire a clasei de calitate a oţelului conform anexei 7

CAPITOLUL 2

ACȚIUNI-ÎNCĂRCĂRI. METODA DE CALCUL A CONSTRUCȚIILOR METALICE. STĂRI DE TENSIUNE. CONDIȚII CONSTRUCTIVE

2.1. ACȚIUNI-ÎNCĂRCĂRI

2.1.1. **GENERALITĂȚI**

Evaluarea corectă a încărcărilor constituie o problemă esențială atît ca importanță, cît și ca răspundere în activitatea de proiectare, execuție și exploatare a construcțiilor metalice.

Evaluarea incorectă a încărcărilor la proiectare conduce, de cele mai multe ori, la fenomene cu urmări imprevizibile, adesea catastrofale.

Termenul cel mai general pentru desemnarea unei încărcări oarecare este „acțiune". În construcții, acțiunile sînt extrem de numeroase și fac obiectul standardelor de specialitate (STAS 10 101/1, $2A_1$, $2A_2$, 23A-78 și STAS 10 101/2-75, 20, 21-78, 23-75).

Încărcările necuprinse în aceste standarde și folosite la proiectare trebuie să facă obiectul unei fundamentări corespunzătoare, în baza principiilor generale de verificare a siguranței construcțiilor (STAS 10 100/0-75).

La proiectarea unei construcții se prefigurează un „model de calcul" în care se iau în considerație două mari componente: o primă componentă o constituie acțiunile la care urmează să fie supusă construcția reprezentată în „modelul de calcul" prin încărcări (forțe, deplasări etc.) și a doua componentă — materialul din care urmează să fie alcătuită construcția, reprezentat prin caracteristicile de calcul (rezistență de calcul, modul de elasticitate).

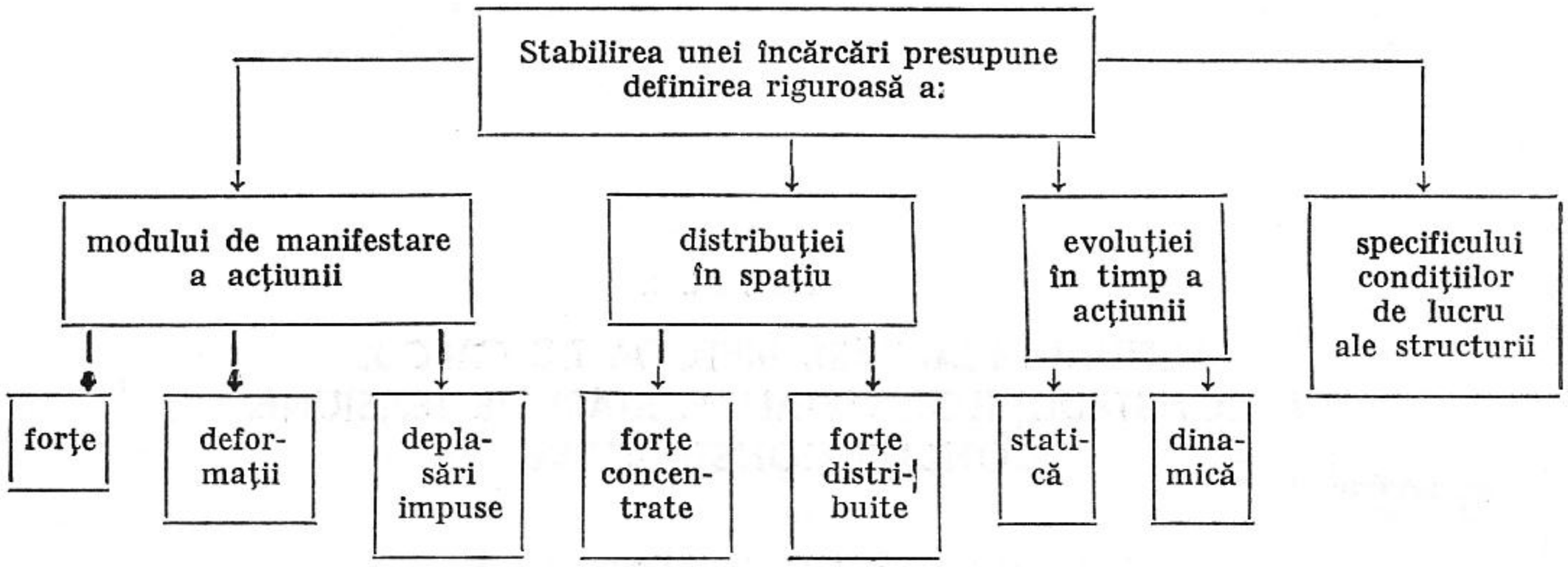
Între „modelul de calcul" prefigurat și construcția reală trebuie să fie concordanță.

Construcția reală este supusă în decursul timpului, începînd cu turnarea primei fundații și continuînd cu montajul, apoi darea în funcțiune și exploatarea construcției, la o seamă de „evenimente" determinate de acțiunile la care este supusă. „Modelul de calcul" trebuie să prevadă și să prindă în calcule toate aceste „evenimente" care urmează să se desfășoare pe toată durata de exploatare a construcției, durată care la construcțiile metalice se încheie, pentru „modelul de calcul" adoptat, cu prima intervenție (consolidare) asupra construcției, cu schimbarea destinației construcției sau cu demolarea acesteia.

Prin urmare, acțiunile, încărcările, grupările de încărcări trebuie analizate, clasificate și folosite în calcule în funcție de factorul timp.

Cîteva din regulile de bază, care trebuie avute în vedere la examinarea unei încărcări, sînt prezentate în schema 2.1.

Schema 2.1



2.1.2. CARACTERISTICILE ŞI CLASIFICAREA ÎNCĂRCĂRILOR

În principiu, orice încărcare care acţionează asupra unei construcţii are următoarele caracteristici:

— intensitatea normată de bază — de exemplu greutatea tehnică, presiunea dinamică de bază datorită vîntului, greutatea de referinţă a stratului de zăpadă etc.;

— coeficienţii care multiplică intensitatea normată de bază — de exemplu, coeficientul aerodinamic, coeficientul c_z care ţine seama de forma construcţiei, coeficienţii de impact etc.;

— încărcările normate obţinute prin multiplicarea intensităţii normate de bază cu coeficienţii arătaţi. Încărcările normate se folosesc în metoda rezistenţelor admisibile;

— coeficienţii n ai acţiunilor, care sînt supraunitari cînd încărcarea este în defavoarea siguranţei construcţiei şi subunitari cînd încărcarea este în favoarea siguranţei construcţiei;

— încărcări de calcul obţinute prin multiplicarea încărcării normate cu coeficienţii acţiunii şi folosite în metoda stărilor limită.

În schema 2.2 se reprezintă mecanismul şi logica obţinerii încărcărilor normate şi a încărcărilor de calcul.

Clasificarea încărcărilor, potrivit STAS 10101/0A-77, este prezentată în schema 2.3.

2.1.3. ÎNCĂRCĂRI PERMANENTE

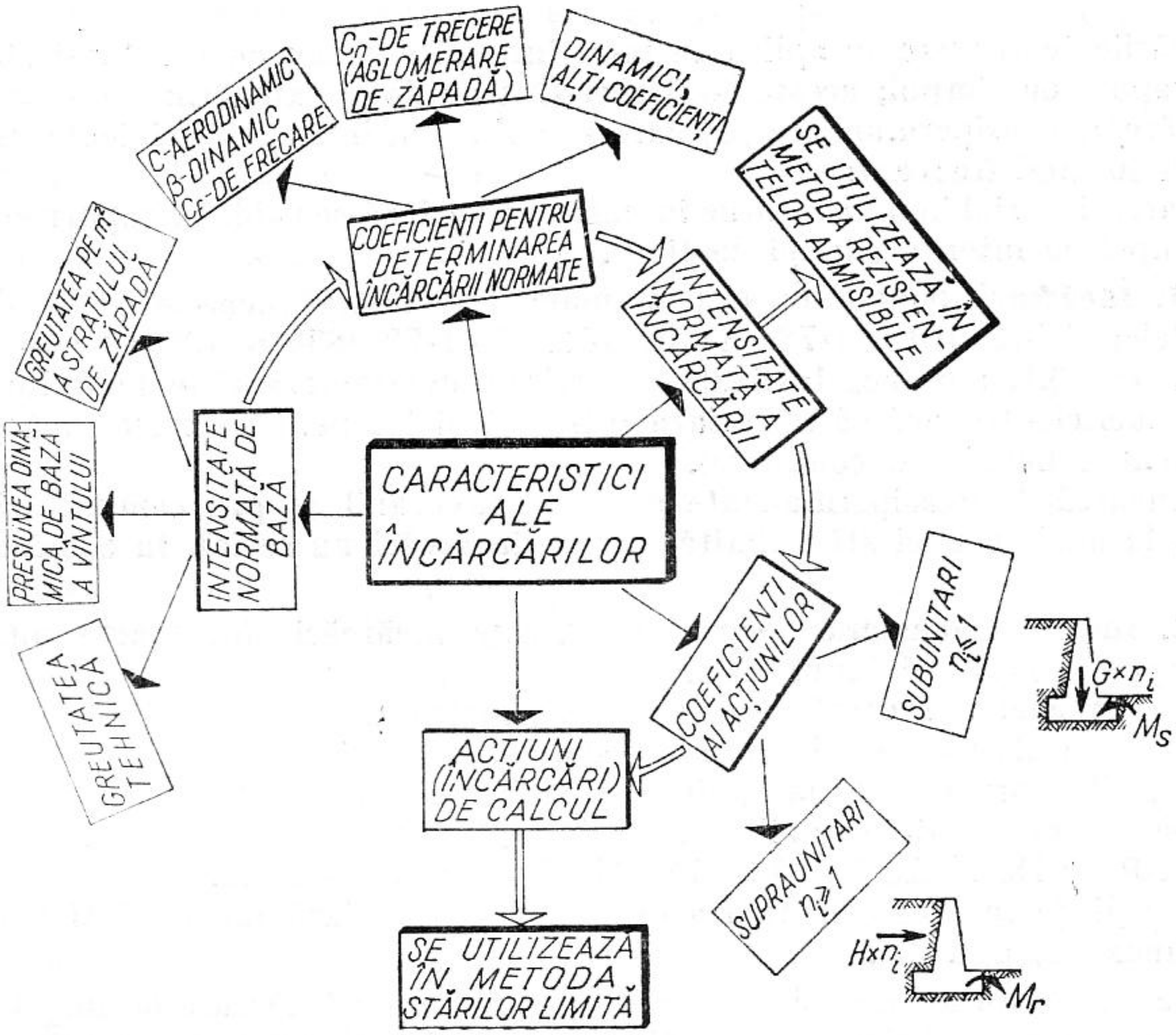
Încărcările permanente se constituie în general din greutatea elementelor de construcţie şi se aplică în mod continuu cu o intensitate practic constantă în raport cu timpul.

În anexa 6, pct. 6.1, sînt arătate diferite încărcări permanente şi coeficienţii încărcării pentru acestea.

Intensităţile normate ale încărcărilor permanente sînt date în STAS 10101/1-78 — Greutăţi tehnice şi încărcări permanente.

Coeficienţii n pentru aceste încărcări variază între 1,1 şi 1,3 în cazul în care încărcarea are efect defavorabil pentru comportarea în secţiunea analizată, la starea limită considerată.

Schema 2.2



Schema 2.3

Clasificarea încărcărilor
(STAS 10101/OA-77)

Permanente (P)
(Se aplică în mod continuu, cu o intensitate practic constantă în raport cu timpul)

Temporare (T)
(Se aplică în mod intermitent, sau cu o intensitate variabilă în raport cu timpul)

Excepționale (E)
(Intervin foarte rar, cu intensități semnificative, pe durata de exploatare a unei construcții)

Cvasipermanente (C)
(Se aplică cu intensități ridicate pe durate lungi sau în mod frecvent)

Variabile (V)
(Intensitatea lor variază sensibil în raport cu timpul, sau încărcările pot lipsi total pe intervale lungi de timp)

Se întîlnesc situații în construcții metalice cînd greutatea proprie are efect favorabil asupra comportării secțiunii considerate, de exemplu, la calculul buloanelor de ancoraj, la care greutatea proprie descarcă de regulă, aceste elemente. În aceste cazuri, cum greutatea proprie nu poate lipsi, în calcule coeficientul încărcării se ia subunitar (0,8 sau 0,9).

2.1.4. ÎNCĂRCĂRI TEMPORARE

Încărcările temporare se aplică în mod intermitent sau cu o intensitate variabilă în raport cu timpul; aceste încărcări sînt de două categorii:

— încărcări cvasipermanente (C) care se aplică cu intensități ridicate pe durate lungi sau în mod frecvent;

— încărcări variabile (V) a căror intensitate variază sensibil în raport cu timpul sau pot lipsi pe intervale lungi de timp.

2.1.4.1. **Încărcări temporare cvasipermanente.** Aceste încărcări sînt date în standardele: STAS 10101/1-78, STAS 10101/2A1-78, STAS 10101/23-75 etc. În anexa 6, pct. 6.1, sînt nominalizate încărcările cvasipermanente întîlnite în construcții. Coeficienții încărcării variază între 1,1 și 1,4 pentru aceste încărcări (1,0 numai pentru lichide în conducte).

Cînd încărcările cvasipermanente au efect favorabil asupra comportării într-o secțiune, la analiza unei stări limită, aceste încărcări nu se iau în considerare în calcul.

2.1.4.2. **Încărcări temporare variabile.** Aceste încărcări sînt foarte numeroase în construcțiile civile și industriale.

Cele mai frecvente încărcări variabile în construcții metalice sînt cele date de vînt, zăpadă, utilajele de ridicat și transportat (poduri rulante) etc.

Intensitățile normate de bază, diferiți coeficienți și schemele de calcul pentru încărcările variabile sînt stabilite în STAS 10101/2A1-78, STAS 10101/2A2-78, STAS 10101/20-78, STAS 10101/21-78, STAS 10101/23A-78 etc.

Coeficienții de încărcare pentru aceste încărcări variază între 1,2 și 1,6 și sînt dați în anexa 6, pct. 6.1.

La încărcările variabile se definește și o fracțiune de încărcare de lungă durată. Această fracțiune se obține prin multiplicarea încărcării normate cu un coeficient n^d subunitar, cuprins, de regulă, între 0,4 și 0,8.

2.1.5. ÎNCĂRCĂRI EXCEPȚIONALE

Aceste încărcări intervin foarte rar, cu intensități semnificative, pe durata de exploatare a unei construcții.

Sînt considerate încărcări excepționale următoarele:

— încărcările seismice;

— încărcările din acțiunea vîntului în regim de rezonanță;

— încărcările date de zăpadă cînd coeficientul de formă $c_z > 2$;

— încărcări provenite din explozii, întreruperi bruște ale unor utilaje sau defectarea acestora;

— încărcări provenite din șocuri (izbirea podurilor rulante în opritori), izbirea autovehiculelor de elementele de construcții etc.;

— tasări ale fundațiilor de natură să schimbe configurația geometrică a construcției.

Coeficienții încărcării se consideră unitari.

În combinațiile de încărcări se consideră o singură încărcare excepțională.

2.1.6. GRUPAREA ÎNCĂRCĂRILOR

Calculul construcțiilor sau elementelor de construcții, la stări limită, se face pe baza unor combinații de încărcări, practic posibile, numite grupări de încărcări.

Potrivit STAS 10101/OA-77, se alcătuiesc două grupări de încărcări:

— grupări fundamentale, alcătuite din încărcări permanente, cvasipermanente și variabile;

— grupări excepționale, alcătuite din încărcări permanente, cvasipermanente, variabile și excepționale.

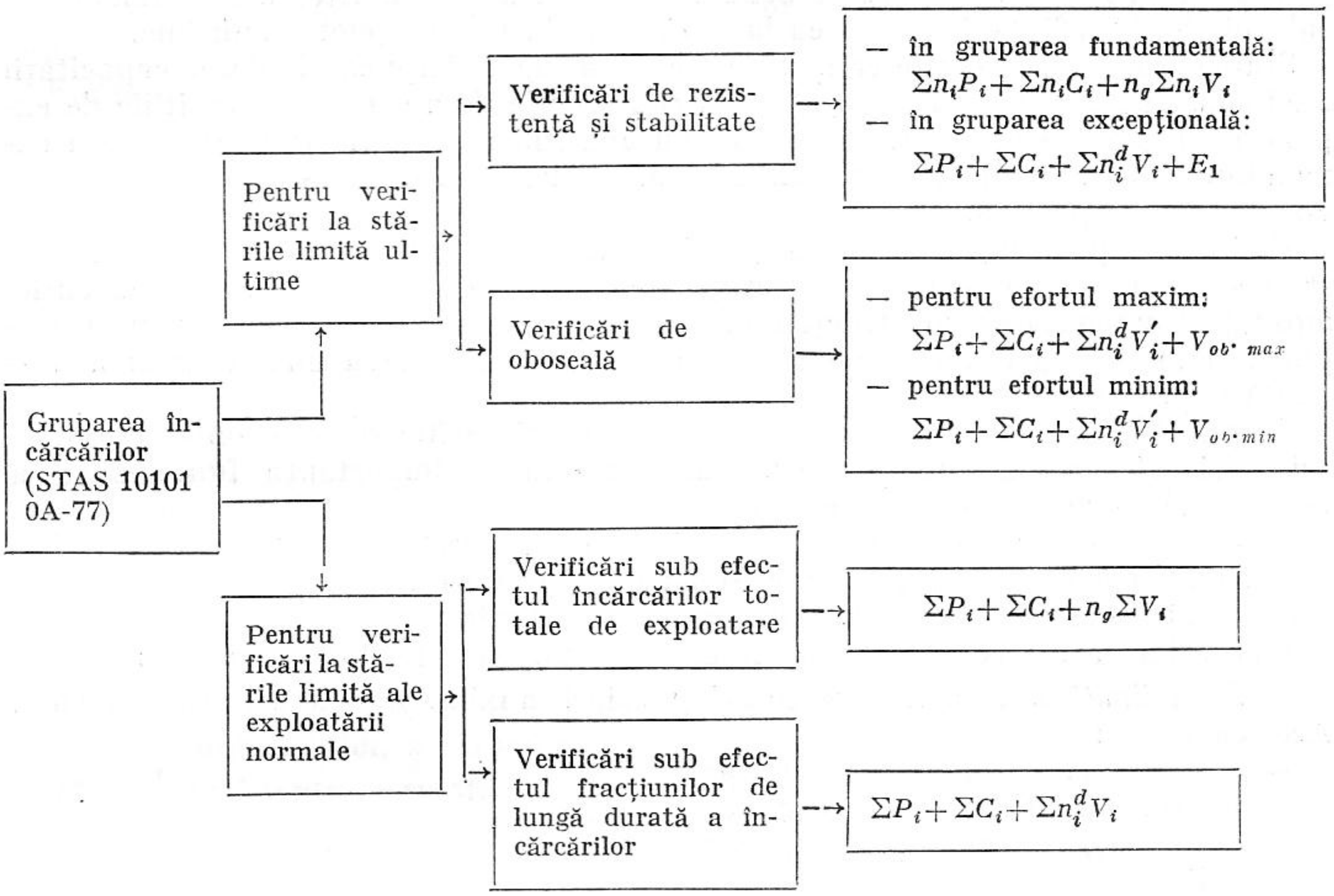
În legătură cu introducerea încărcărilor în cele două grupări, se subliniază următoarele aspecte:

— încărcările permanente se iau în considerare în toate cazurile;

— încărcările cvasipermanente și variabile se iau în considerare numai cînd efectele lor sînt defavorabile pentru verificarea ce se efectuează;

— încărcările excepționale intervin numai în cazul grupărilor speciale.

Schema 2.4



În schema 2.4 este reprezentat modul de grupare a încărcărilor potrivit STAS 10101/OA-77; termenii din această schemă au următoarele semnificații:

P_i — încărcare permanentă;
C_i — încărcare cvasipermanentă;
V_i — încărcare variabilă;
V_i' — încărcare variabilă care nu produce oboseală;
$V_{ob\cdot max}$ — încărcare variabilă care produce efort de oboseală maxim;
$V_{ob\cdot min}$ — încărcare variabilă care produce efort de oboseală minim;
E_1 — o singură încărcare excepțională;
n_i — coeficientul încărcării de calcul limită;
n_i^d — coeficientul fracțiunii de încărcare de lungă durată, aplicabil numai încărcărilor variabile;
n_g — coeficient de grupare care are valorile:

1,0 în cazul unei singure încărcări V;
0,9 în cazul a două sau trei încărcări V;
0,8 în cazul a patru sau mai multe încărcări V.

Clasificarea încărcărilor (P, C, V), valorile coeficienților n, n^a, precum și precizări privind alcătuirea grupărilor de încărcări sînt date în anexa 6, pct. 6.1.

2.2. METODA DE CALCUL A CONSTRUCȚIILOR METALICE

2.2.1. **GENERALITĂȚI**

Verificarea prin calcul a siguranței construcțiilor metalice este reglementată prin STAS 10108/0-78 avînd la bază calculul la stările limită; acest standard a înlocuit STAS 763/1-71 care avea la bază metoda rezistențelor admisibile.

Starea limită se definește ca o stare a cărei atingere implică pierderea capacității unei construcții sau a unui element din construcție de a satisface condițiile de exploatare legate de destinația stabilită sau apariția unor pericole pentru viața oamenilor, pentru bunurile materiale sau culturale, a căror conservare depinde de construcția respectivă.

Verificarea prin calcul a siguranței elementelor de construcție și a structurilor se face cu ocazia proiectării, dar asigurarea acesteia se realizează prin execuție, montaj și exploatarea construcției în concordanță cu proiectul și normele corespunzătoare în vigoare. De aceea, este obligatorie asigurarea unui control al respectării proiectului.

Scopul de bază al calculului de dimensionare și verificare este obținerea unei asigurări raționale a construcțiilor, ținînd seama de importanța funcțională a acestora și de durabilitatea necesară.

Siguranța trebuie garantată față de „ieșirea din lucru" a structurii în ansamblu sau a unor părți componente ale acesteia; se admite că ieșirea din lucru are loc cînd se atinge starea particulară denumită stare limită.

Stările limită ale construcțiilor metalice se grupează în două categorii:

- *Stări limită ultime,* în care se ating valori maxime ale capacității portante. Acestea pot fi:

— ruperea fizică — plastică sau fragilă;
— deformații plastice inacceptabile;
— pierderea echilibrului prin deplasarea anormală a unei părți sau a ansamblului structurii;
— deformații plastice sau elastice care conduc la modificarea geometriei structurii;
— pierderea stabilității locale sau generale etc.

- *Stări limită ale exploatării normale,* a căror atingere influențează defavorabil funcționalitatea ansamblului sau a unui element component. Acestea pot fi:

— deformații excesive;
— deplasări excesive fără pierderea echilibrului;
— vibrații sau oscilații excesive etc.

Proiectarea construcțiilor metalice pe baza metodei stărilor limită implică, pe lîngă competență profesională în ceea ce privește alcătuirea constructivă, și un calcul adecvat, o execuție corectă (confecționare, transport și montaj efectuate de întreprinderi specializate), o exploatare a construcțiilor în concordanță cu condițiile admise la proiectare, precum și verificarea periodică a comportării construcțiilor conform regulilor stabilite la proiectare.

2.2.2. PRINCIPIUL METODEI

Regula fundamentală pentru asigurarea la proiectare a construcțiilor metalice în metoda stărilor limită este comparația, iar teoria matematică este probabilistică.

Verificarea elementelor de construcții metalice prin comparație se poate sintetiza în relația:

$$S \leqslant \Phi,$$

în care S reprezintă valoarea maximă a solicitării ca urmare a efectelor încărcărilor (corespunzătoare celei mai defavorabile dar posibile grupări de încărcări ce ar putea apărea în viața construcției), iar Φ — capacitatea portantă minimă de rezistență sau deformabilitate (corespunzătoare stării limită considerate).

Determinarea valorilor S și Φ se face cu ajutorul unor parametri stabiliți pe cale probabilistică.

Expresia funcției încărcării S se poate pune sub forma explicită astfel:

$$S = \Sigma n_i \cdot P_i^n \cdot \alpha_i \cdot n_{gi},$$

în care:

n_i sînt coeficienții încărcării;

P_i^n — valoarea normată a intensității încărcării;

α_i — coeficient de influență, care stabilește corelația între încărcarea exterioară și solicitarea (efortul) de o anumită natură în secțiunea considerată;

n_{gi} — coeficient de grupare subunitar care afectează încărcările variabile.

Expresia funcției Φ, care definește capacitatea portantă a secțiunii, se poate scrie explicit astfel:

$$\Phi = \frac{1}{\gamma_m} \cdot R^n \cdot m \cdot A,$$

în care:

γ_m este un coeficient de siguranță la material, care, pentru laminate, are valori cuprinse între 1,10. . . 1,20 și ține seama de: variabilitatea calității materialului, a caracteristicilor geometrice ale secțiunii elementelor etc.;

R^n — rezistența normată a oțelului, determinată pe cale statistică; pentru oțelul obișnuit de construcții este valoarea limitei de curgere, R_c. Valoarea $R = R^n/\gamma_m$ se numește rezistența de calcul a oțelului;

m — coeficient al condițiilor de lucru;

A — caracteristica geometrică de calcul (arie, modul de rezistență etc.).

Comparația între cele două expresii devine:

$$\Sigma n_i \cdot P_i^n \cdot \alpha_i \cdot n_{gi} \leqslant \frac{1}{\gamma_m} R^n \cdot m \cdot A.$$

Dacă se consideră egali coeficienții încărcării n_i, $\alpha_i = 1$ și n_g constant, se poate scrie:

$$n \cdot n_g \cdot \Sigma P_i^n = \frac{1}{\gamma_m} \cdot R^n \cdot m \cdot A$$

sau

$$\sigma_{ef} = \frac{\Sigma P_i^n}{A} = \frac{1}{\gamma_m} \quad \frac{1}{n \cdot n_g} \cdot m \cdot R^n = \frac{1}{c} \cdot \sigma_c = \sigma_a,$$

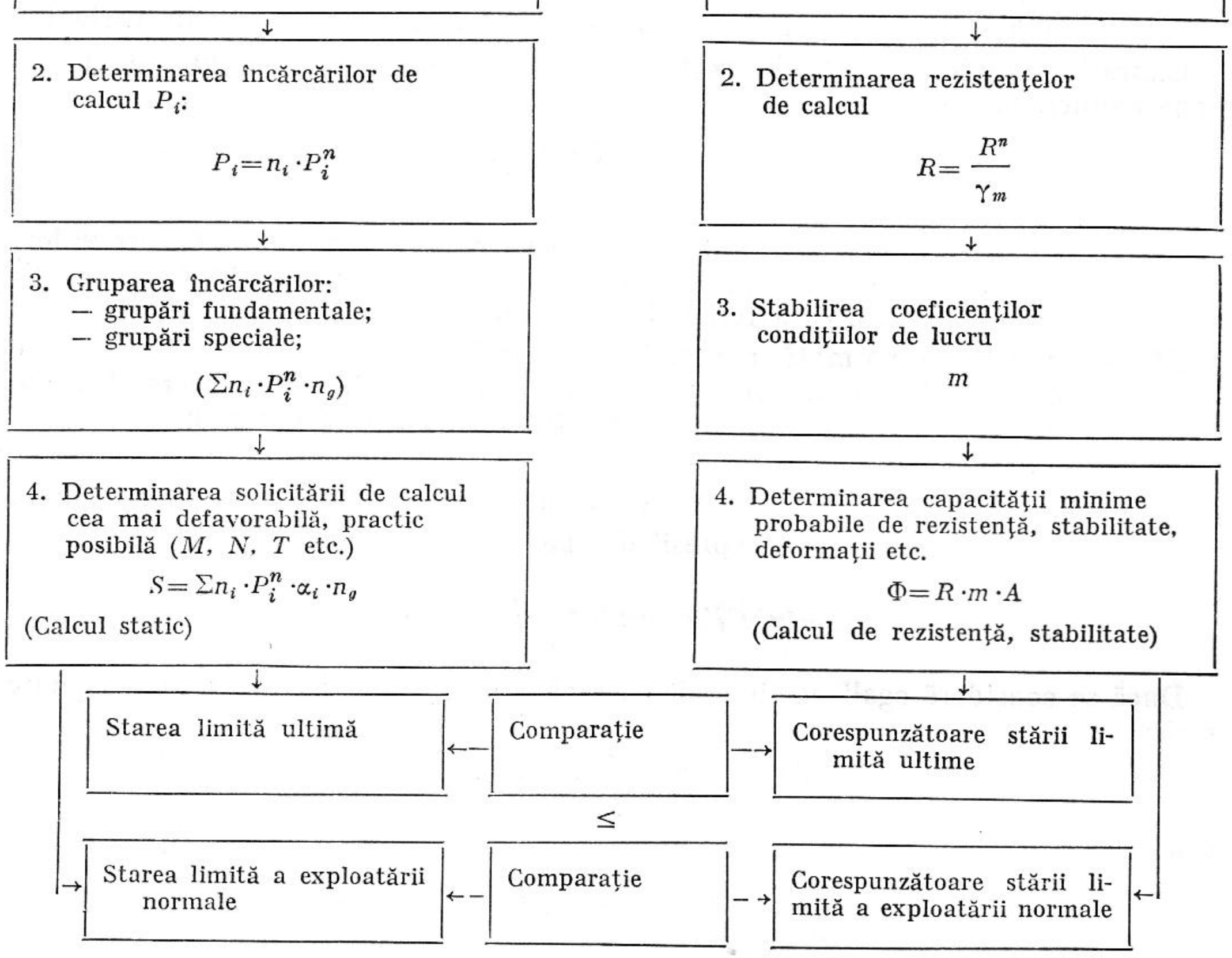
în care:

$$\frac{m}{\gamma_m \cdot n \cdot n_g} = \frac{1}{c}, \quad \text{deci} \quad c = \frac{\gamma_m \cdot n \cdot n_g}{m} \quad \text{și} \quad \sigma_a = \frac{\sigma_c}{c}.$$

Coeficientul c are semnificația coeficientului de siguranță din metoda rezistențelor admisibile.

Succesiunea etapelor de calcul în metoda stărilor limită este prezentată în schema 2.5.

Schema 2.5

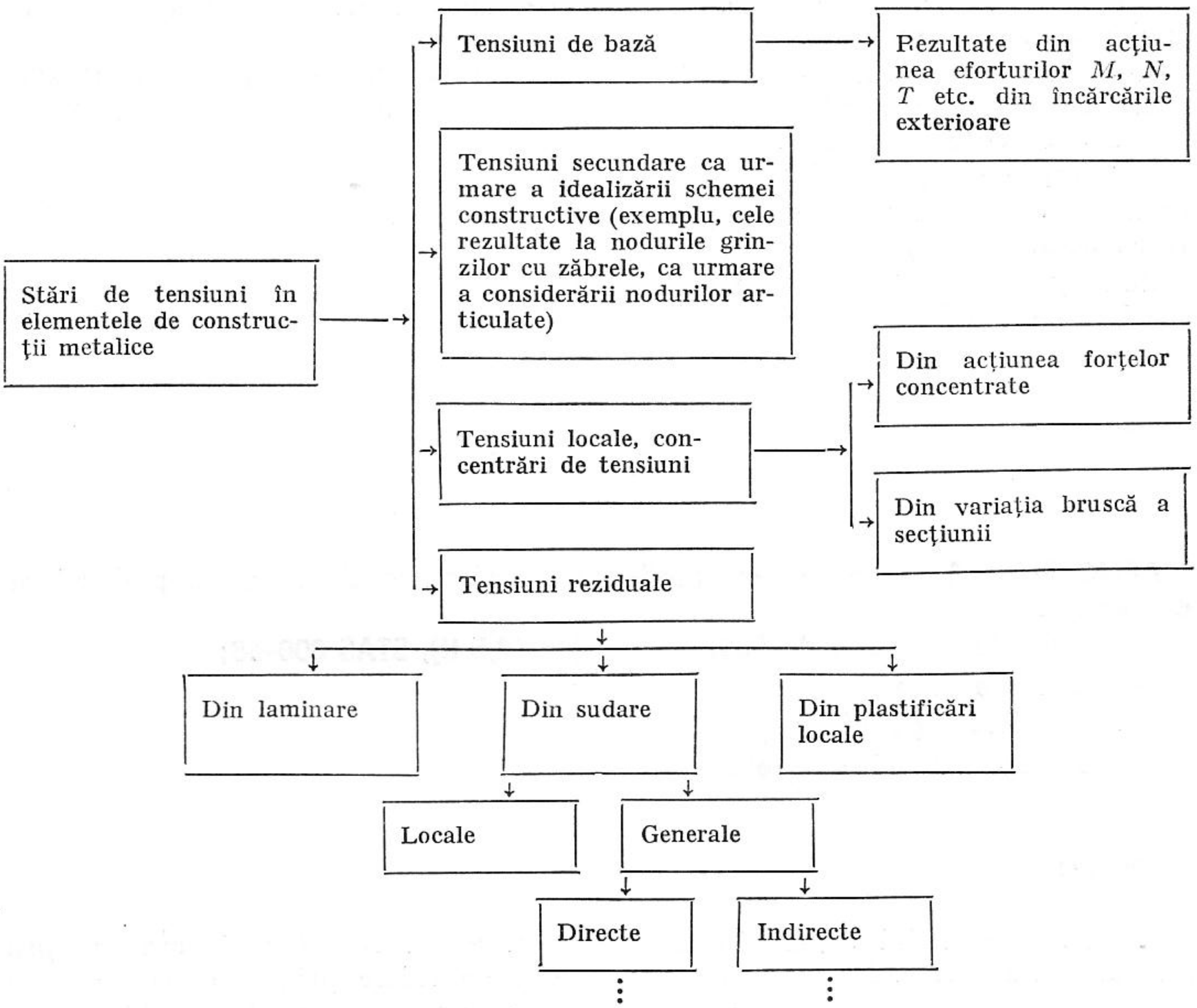


2.3. STĂRI DE TENSIUNE ÎN ELEMENTELE DE CONSTRUCȚII METALICE

Starea de tensiuni în elementele de construcții metalice este foarte complexă; pe lîngă stările de tensiuni rezultate ca efect al acțiunilor exterioare există o stare de tensiuni internă, inițială.

O imagine de ansamblu asupra acestei complexități este prezentată în schema 2.6.

Schema 2.6



Prin urmare, oțelul dintr-o piesă metalică, element de construcție sau structură de rezistență este supus întotdeauna la tensiuni care rezultă din calculele statice și de rezistență și o seamă de alte tensiuni interne care depind de alcătuirea constructivă și de tehnologia de fabricație și care, de cele mai multe ori nu se pot cal-

cula. Efectele defavorabile ale acestor tensiuni interne se pot ameliora prin proprietăţile plastice ale oţelului şi printr-o concepţie constructiv-tehnologică adecvată.

2.4. CONDIŢII CONSTRUCTIVE

Prin condiţii constructive trebuie înţeles un ansamblu de reguli bazate pe constatări teoretice sau pe experienţa rezultată din comportarea construcţiilor metalice.

Condiţiile constructive, regulile de alcătuire constructiv-tehnologică, măsurile care trebuie respectate la montaj etc. sînt cuprinse în standardele de specialitate, iar respectarea lor este obligatorie. De multe ori, condiţiile constructive delimitează valabilitatea aplicării unor relaţii de calcul cuprinse în standarde şi nu totdeauna sînt explicitate.

Rezultatele unor calcule de rezistenţă dezvoltate, de optimizare a secţiunilor elementelor de construcţii metalice sînt introduse de multe ori în prescripţii sub forma unor date constructive.

Obligativitatea respectării condiţiilor constructive provine din urmările defavorabile pe care le-ar produce asupra exploatării construcţiilor metalice neconsiderarea acestora.

Cunoaşterea condiţiilor constructive depinde de gradul de cultură tehnică de specialitate a celui ce proiectează, execută sau montează construcţii metalice

2.5. APLICAŢIE

APLICAŢIA 2.1. Se cere să se stabilea scă încărcările date de un pod rulant cunoscînd:

- **capacitatea podului de 500/125 kN (50/12,5 tf), STAS 800-68;**
- **podul are grupa a III-a de funcţionare;**
- **deschiderea podului, L_p=22 m;**
- **suspensia sarcinii este elastică.**

Rezolvare

1. Defineşte modul de manifestare a încărcării asupra căii de rulare.

1. Podul rulant acţionează asupra căii de rulare prin forţe concentrate care se aplică la contactul dintre roţi şi şinele căii de rulare şi în opritori.

2. Defineşte schematic modul de acţionare al fiecărei forţe în parte.

2. În figura 2.1 sînt schematizate forţele provenind din:

P^n — apăsarea roţii pe şină — maximă sau minimă (fig. 2.1. *a*, *b*);

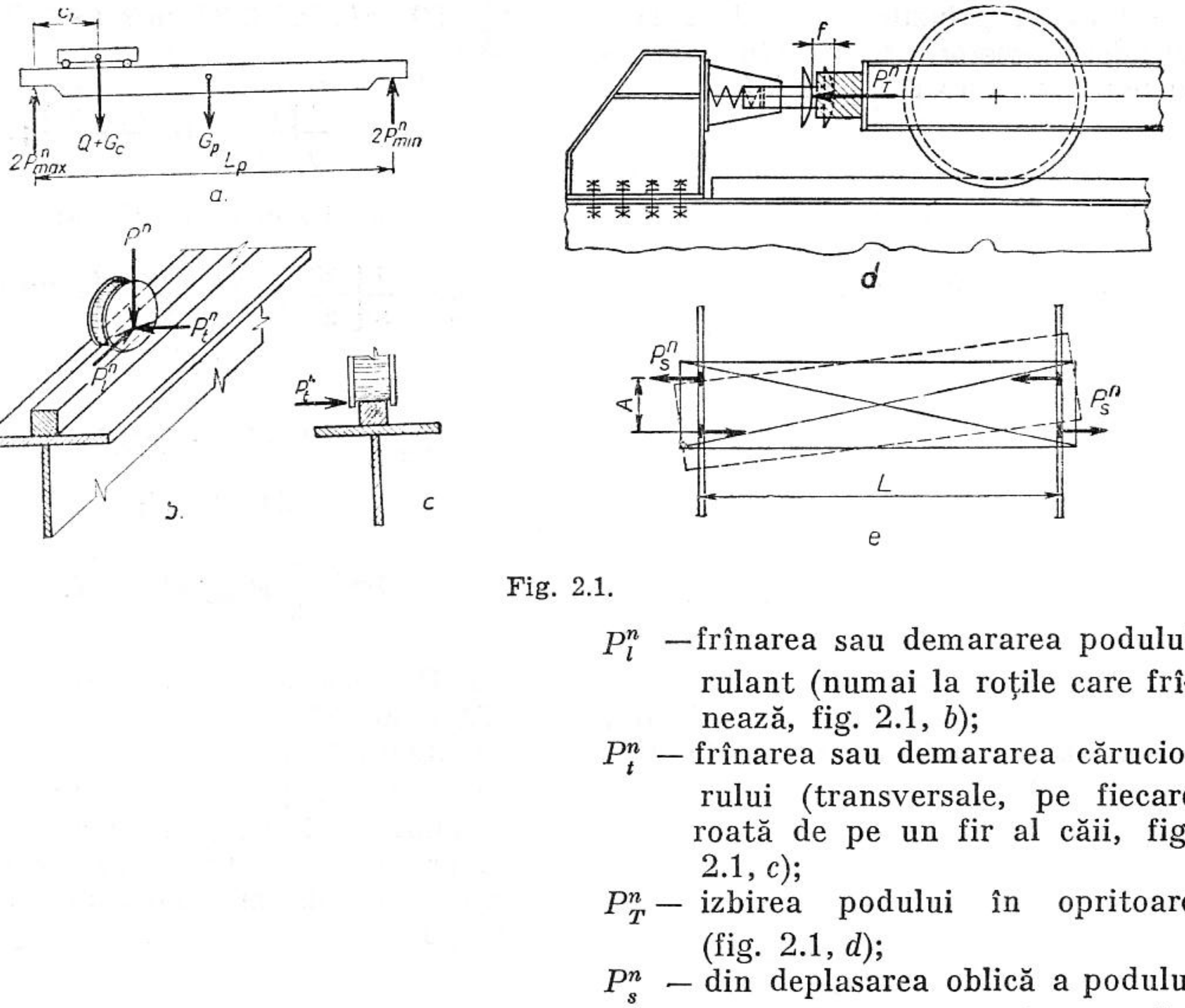


Fig. 2.1.

P^n_l — frînarea sau demararea podului rulant (numai la roțile care frînează, fig. 2.1, *b*);

P^n_t — frînarea sau demararea căruciorului (transversale, pe fiecare roată de pe un fir al căii, fig. 2.1, *c*);

P^n_T — izbirea podului în opritoare (fig. 2.1, *d*);

P^n_s — din deplasarea oblică a podului (tendința de înțepenire a podului, fig. 2.1, *e*).

3. Stabileşte intensităţile normate de bază ale forţelor.

3. Din STAS 800-68, STAS 6919-70, STAS 8407-69 sau folosind schema din figura 2.1, *a* se stabilesc presiunile pe roți:

$$P_{max}=420 \text{ kN}; \; P_{min}=150 \text{ kN}.$$

Din anexa 6, pct. 6.4, se stabilesc:

— forța de frînare longitudinală:

$$P^n_l=\frac{1}{10}\sum_1^{n_{fr}} P_{fr}=\frac{420}{10}=42 \text{ kN};$$

— forța de frînare orizontală transversală:

$$P^n_t=\frac{1}{20n_r}(Q+G_c)=\frac{1}{20\cdot 2}(500+123)=$$

$$=15{,}57 \text{ kN}.$$

4. Stabileşte forţa de izbire a podului în opritori P^n_T folosită exclusiv la verificarea tampoanelor şi prinderea

4. Forța de izbire a podului în opritori este dată de relația:

$$P^n_T=m_f\cdot v^2_p/f_T;$$

acestora, a grinzilor de rulare și a prinderii acestora de structura de rezistență (v. anexa 6, pct. 6.4).

$v_p=50$ m/min$=0{,}83$ m/s (STAS 800-68);

$$m_f=\frac{1}{g}\left[\frac{G_p}{2}+G_c\frac{L_p-c_1}{L_p}\right];$$

$g=10$ m/s^2; $c_1=2$ m;

$$m_f=\frac{1}{10}\left[\frac{423}{2}+123\frac{22-2}{22}\right]=32{,}15;$$

$$f_T=0{,}2 \text{ m};$$

$$P_T^n=32{,}15\cdot(0{,}7\cdot 0{,}83)^2/0{,}2=$$

$$=54{,}26 \text{ kN};$$

$$P_s^n=\frac{1}{5}P_{max}=84 \text{ kN}.$$

5. Stabilește convoiul de forțe mobile pe aceeași șină a căii de rulare, folosit în calculul solicitărilor în grinda de rulare.

5. Pe baza distanțelor între roți din STAS 800-68, se stabilește convoiul din figura 2.2.

La calculul grinzilor căilor de rulare se admite folosirea în calcul a unui singur pod rulant numai în cazul cînd nu este posibilă montarea unui al doilea pod.

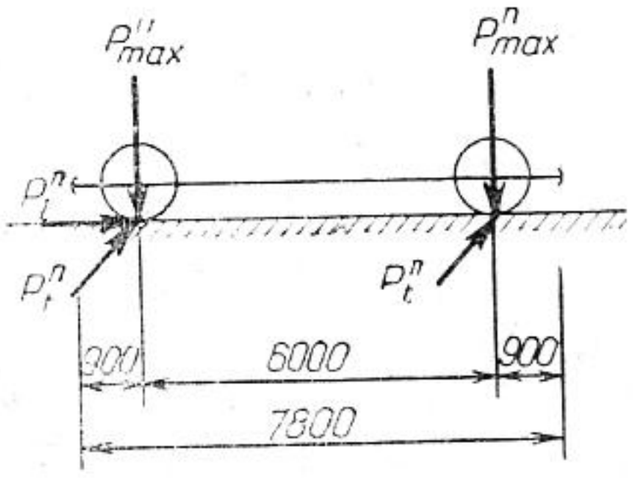


Fig. 2.2.

6. Forțele fiind mobile, regimul de lucru al podului fiind greu (III), stabilește coeficienții dinamici care multiplică încărcările normate de bază.

6. Din anexa 6, pct. 6.4 rezultă:
— pentru forțe verticale, $\psi=1{,}3$;
— pentru forțe orizontale, $\alpha=1{,}4$;
— pentru calculul prinderilor grinzii căii de rulare de stîlp, $2\alpha=2{,}8$.

7. Stabilește încărcările normate folosite în metoda rezistențelor admisibile.

7.

$P^n_{max}=1{,}3\cdot 420=546$ kN;

$P^n_{min}=1{,}3\cdot 150=195$ kN;

$P^n_t=1{,}4\cdot 15{,}57=21{,}80$ kN;

$P^n_l=1{,}4\cdot 42=58{,}8$ kN;

$P^n_s=1{,}4\cdot 84=117{,}6$ kN.

8. Stabilește coeficientul acțiunilor pentru determinarea încărcărilor de calcul.

8. Din anexa 6, pct. 6.1 rezultă:
— pentru forțe verticale $n_i=1{,}2$;
— pentru forțe orizontale $n_i=1{,}3$.

9. Stabilește încărcările de calcul, multiplicînd valorile normate ale încărcărilor cu coeficienții acțiunilor.

9.

$P_{max}=546\cdot1,2=655,2$ kN;

$P_{min}=195\cdot1,2=234$ kN;

$P_t=21,80\cdot1,3=28,34$ kN;

$P_l=58,8\cdot1,3=76,44$ kN;

$P_s=117,6\cdot1,3=152,88$ kN.

CAPITOLUL 3

BARE SOLICITATE LA ÎNTINDERE

3.1. GENERALITĂȚI

În construcții metalice se întîlnesc frecvent bare solicitate la forță axială de întindere: unele diagonale ale grinzilor cu zăbrele, tălpile inferioare ale grinzilor cu zăbrele simplu rezemate, tiranți, cabluri etc.

3.2. TIPURI DE SECȚIUNI

Secțiunile barelor solicitate la întindere au diferite forme, în funcție de valoarea solicitării și tipul elementului de construcție din care fac parte. În schema 3.1 și figura 3.1 sînt clasificate și exemplificate secțiuni ale barelor întinse.

Schema 3.1

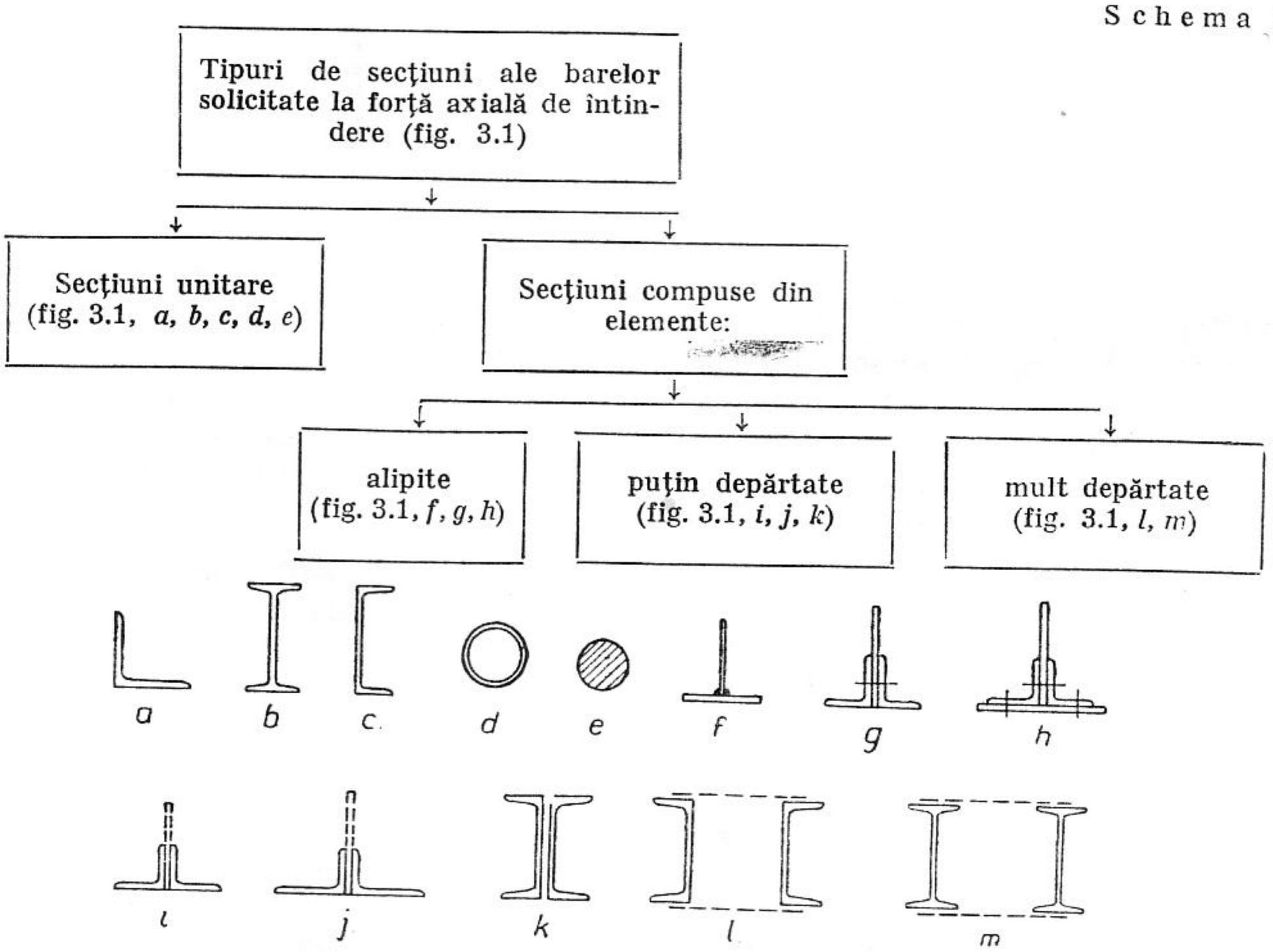


Fig. 3.1.

3.3. VERIFICARE

Barele cu efort axial de întindere trebuie să satisfacă următoarele verificări:
— bare cu secțiunea neslăbită (fig. 3.2, *a*):

$$\sigma = \frac{N}{A} \leqslant R; \quad \lambda \leqslant \lambda_a;$$

— bare cu secțiunea slăbită (fig. 3.2, *b*);

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \leqslant R; \ \lambda \leqslant \lambda_a;$$

— bare cu secțiunea slăbită datorită prinderilor cu șuruburi de înaltă rezistență pretensionate (fig. 3.2, *c*);

$$\sigma = \frac{N}{A} \leqslant R; \ \sigma = \frac{N'}{A_n} \leqslant R; \ \lambda \leqslant \lambda_a,$$

în care:
σ este tensiunea în secțiunea care se verifică;
N — efortul axial de calcul în secțiunea care se verifică;
A — aria brută a secțiunii care se verifică;
R — rezistența de calcul a oțelului;
λ — coeficientul de zvelțețe maxim al barei;
λ_a — coeficientul de zvelțețe admis pentru bare întinse;
A_n — aria netă a secțiunii (normală pe axa barei sau sinuoasă) ce se verifică;

$$N' = N\left(1 - 0{,}4\,\frac{n_1}{n}\right);$$

n — numărul șuruburilor de pe o jumătate a îmbinării;
n_1 — numărul șuruburilor din secțiunea care se verifică.

Succesiunea operațiilor necesare verificării unei bare cu secțiunea slăbită este indicată în schema 3.2.

Schema de verificare poate fi folosită și pentru barele cu secțiunea fără slăbiri sau cu slăbiri datorită prinderilor cu șuruburi de înaltă rezistență pretensionate, cu următoarele particularizări în schemă:

• Bare cu secțiunea fără slăbiri:
— operația *2*: $A_n = A$;
— operația *3*: $\sigma = \frac{N}{A} \leqslant R$.

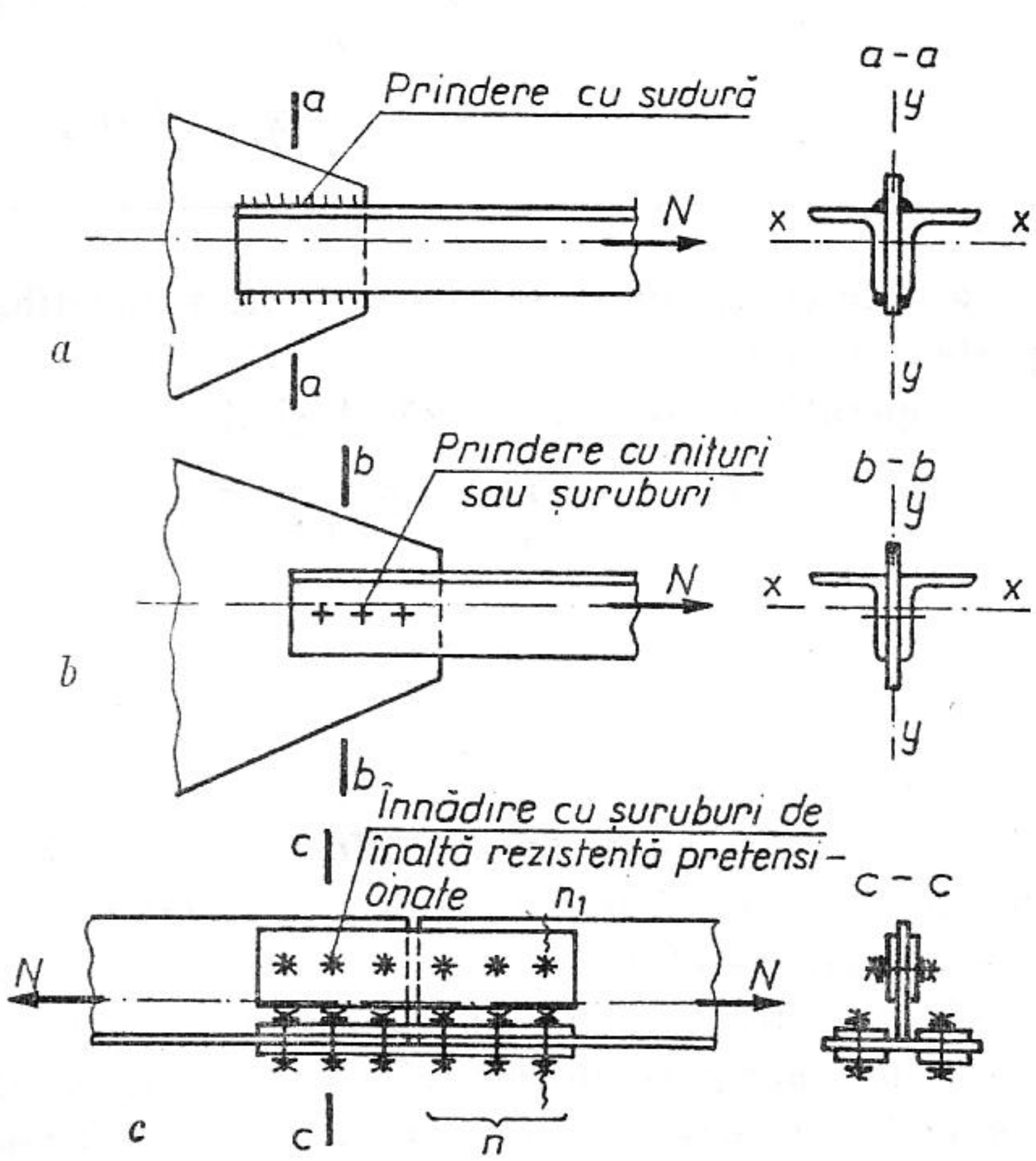


Fig. 3.2.

Schema 3.2

1. Elemente cunoscute:
   - efortul axial de calcul, N
   - marca oțelului folosit, R (anexa 3, tab. 3.5)
   - secțiunea barei
   - slăbirile secțiunii

↓

2. Calculează aria netă A_n a secțiunii barei

↓

3. Verifică tensiunea:

$$\sigma = \frac{N}{A_n} \leqslant R$$

↓

4. Calculează razele de inerție ale secțiunii brute, față de axele principale centrale: i_x, i_y

↓

5. Calculează lungimile de flambaj ale barei: l_{fx}, l_{fy} (v. anexa 3, tab. 3.11 . . . 3.14)

↓

6. Verifică zvelțea barei:

$$\lambda_x = \frac{l_{fx}}{i_x} \leqslant \lambda_a \text{ (anexa 3, tab. 3.23)}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{fy}}{i_y} \leqslant \lambda_a$$

• Bare cu secțiunea slăbită datorită prinderilor cu șuruburi de înaltă rezistență pretensionate:

— operația *2*: se calculează A și A_n;

— operația *3*: $N' = N\left(1 - 0{,}4\frac{n_1}{n}\right)$; $\sigma = \frac{N}{A} \leqslant R$; $\sigma = \frac{N'}{A_n} \leqslant R$.

3.4. DIMENSIONARE

Dimensionarea unei bare cu efort axial de întindere are, în general, un caracter iterativ și necesită parcurgerea a două etape:

— alegerea secțiunii;

— verificarea secțiunii alese.

Dimensionarea se încheie cînd sînt satisfăcute toate condițiile cerute de verificare; în schema 3.3 sînt detaliate etapele de dimensionare a unei bare cu secțiunea slăbită.

1. Elemente cunoscute:
   — efortul axial de calcul, N
   — modul de prindere a barei la noduri, slăbiri

Alegerea secțiunii

↓

2. Propune:
   — tipul secțiunii
   — marca oțelului folosit și rezistența de calcul, R (anexa 3, tab. 3.5)
   — coeficientul de slăbire a secțiunii, $\alpha=0{,}85\ldots1$

↓

3. Calculează aria brută necesară a secțiunii barei:

$$A_{nec}=\frac{N}{\alpha\cdot R}$$

↓

4. Propune o secțiune cu aria efectivă aproximativ egală cu aria necesară:

$$A\approx A_{nec}$$

Verificarea secțiunii

↓

Se folosește schema 3.2

Schema 3.3 poate fi folosită și pentru dimensionarea barelor fără slăbiri, cu următoarele particularizări:

— operația *2*: $\alpha=1$;

— operația *3*: $A_{nec}=\frac{N}{R}$;

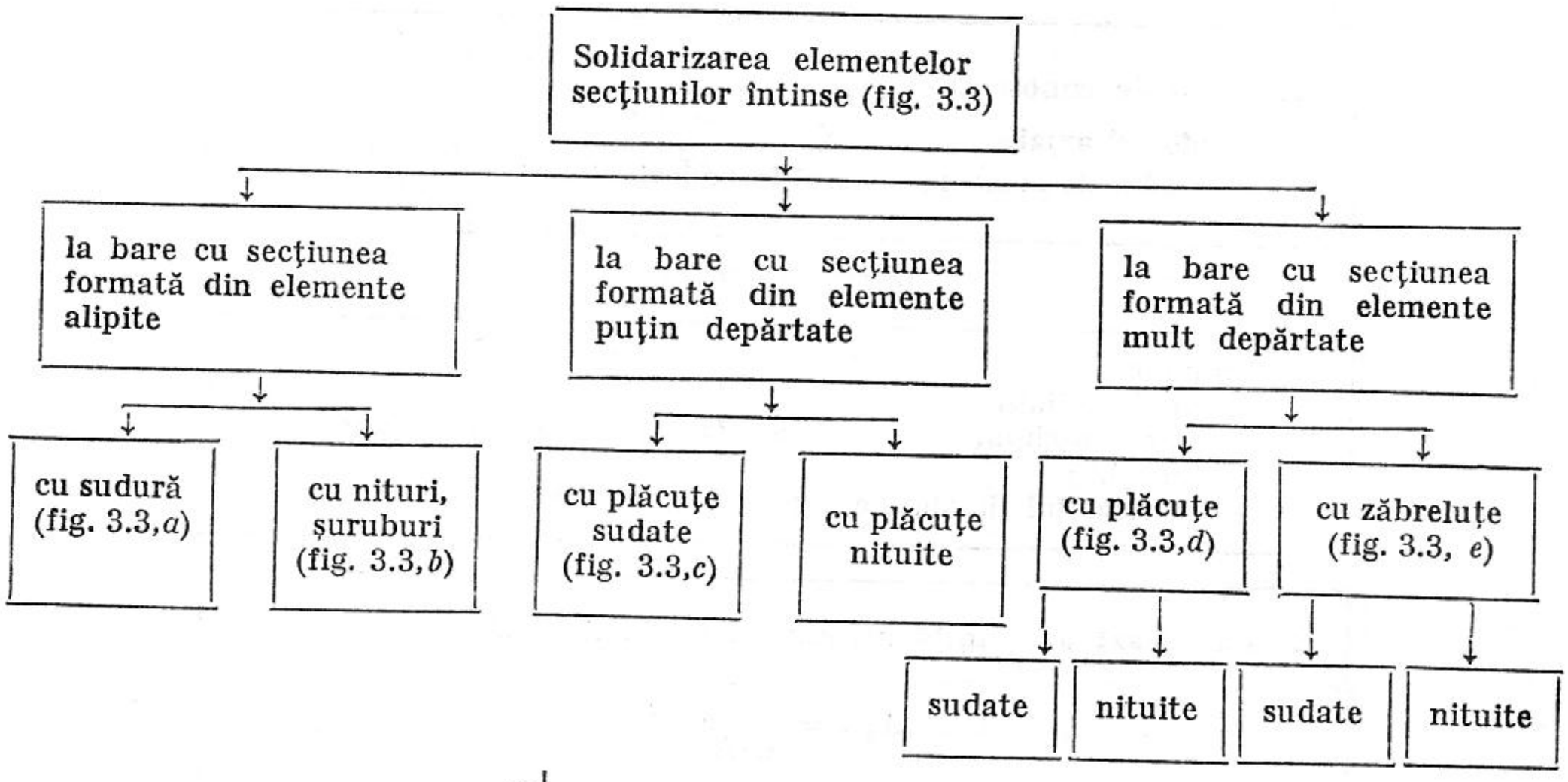
— operația *4*: $A\geqslant A_{nec}$.

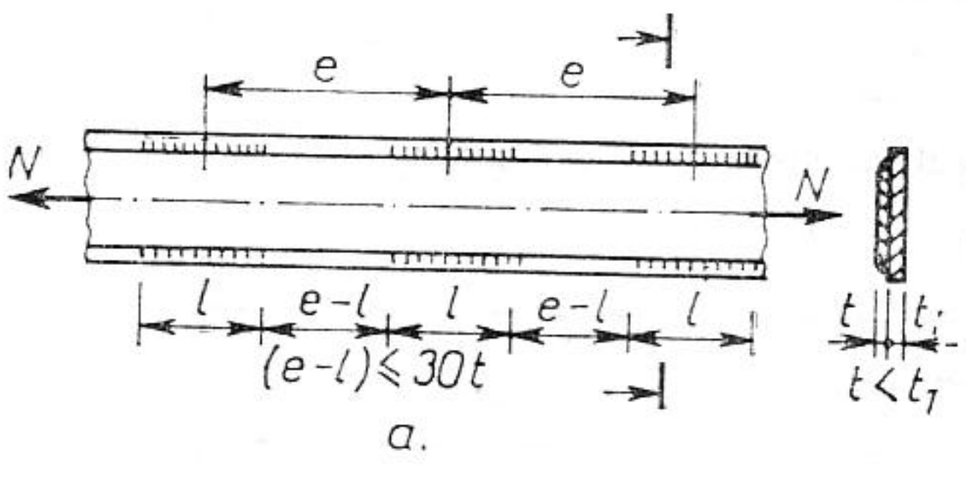
3.5. CONDIȚII CONSTRUCTIVE

Pentru a lucra unitar, elementele secțiunilor compuse se solidarizează între ele: în schema 3.4 și figura 3.3 sînt indicate posibilitățile de solidarizare a elementelor secțiunilor compuse.

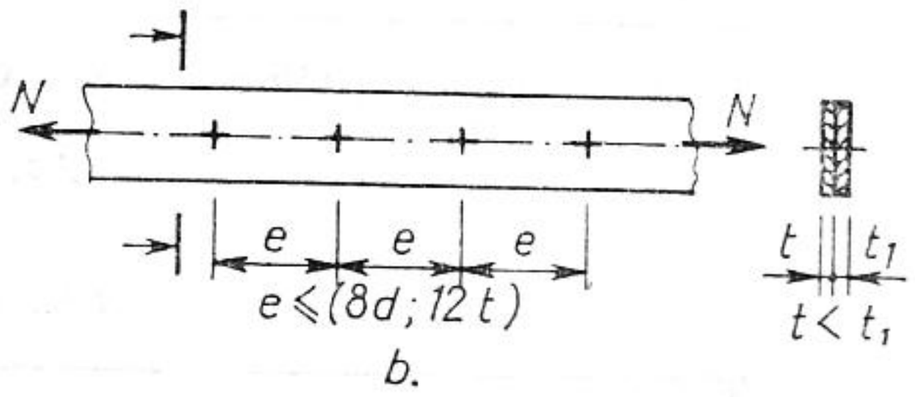
Distanța între punctele de solidarizare l_1 este de maximum $80\,i_1$, în care i_1 este raza de inerție minimă a unui element al secțiunii. În cazul unor bare alcătuite din profile laminate ca în figura 3.3, *c*, *d*, *e*, — i_1 este raza de inerție a unui singur element în raport cu axa proprie *(1—1)* paralelă cu axa care nu taie materialul secțiunii.

Schema 3.4

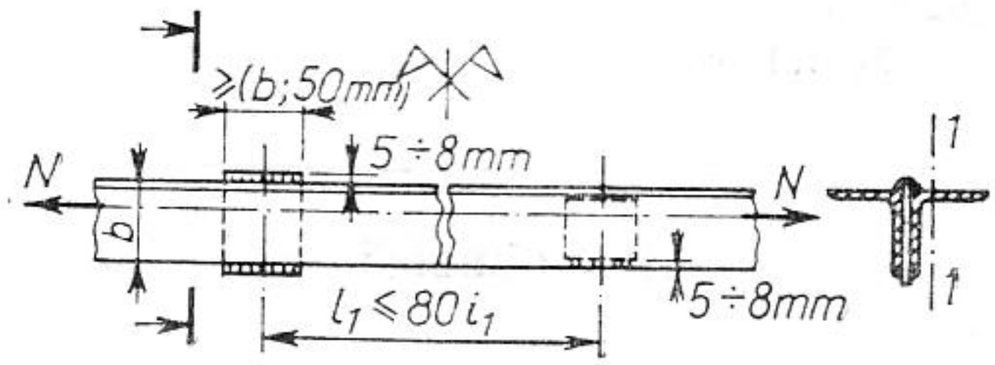




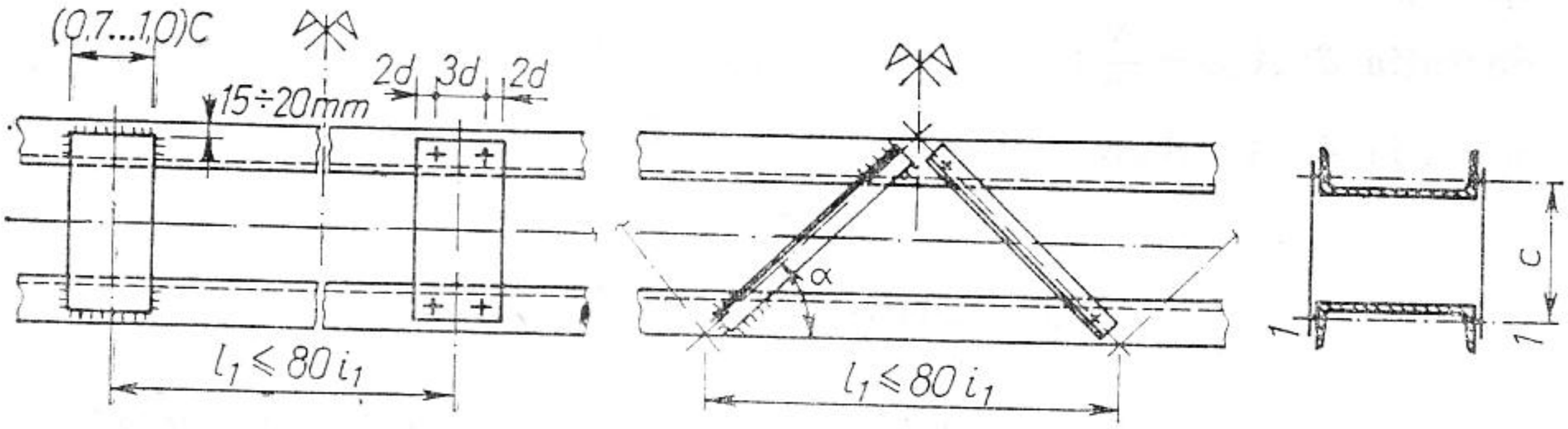
a.



b.



c.



d. e.

Fig. 3.3.

3.6. CRITERII DE ALCĂTUIRE ECONOMICĂ

Tablele şi profilele laminate folosite în construcţii metalice se execută, în general, din mai multe mărci de oţel cu rezistenţe de calcul diferite. În cazul barelor cu efort axial de întindere, în scopul obţinerii unui consum de oţel cît mai mic, este

rațională folosirea oțelurilor cu rezistențe de calcul sporite, dacă sînt îndeplinite următoarele condiții:

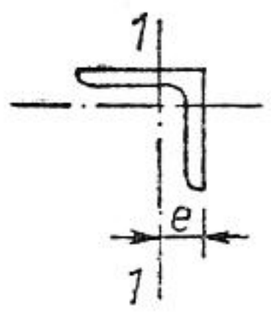
— dimensionează condiția de rezistență, coeficientul de zvelțețe nedepășind valoarea maximă;

— produsul siderurgic folosit (tablă sau profil laminat) se execută din marca de oțel propusă.

3.7. ALGORITMI DE DIMENSIONARE

Dimensionarea, la calculator, a secțiunii unei bare cu efort axial de întindere se face, în general, prin alegerea dintr-un fișier de secțiuni a secțiunii minime care îndeplinește cele două condiții de verificare: $\sigma \leqslant R$ și $\lambda \leqslant \lambda_a$.

În figura 3.4 este exemplificat un fișier de secțiuni din profile cornier cu aripi egale (tabelate în ordinea crescătoare a ariei secțiunii); algoritmul de dimensionare din schema 3.5 dimensionează o secțiune compusă din două corniere puțin depărtate, fără slăbiri (fig. 3.5).



j — numără secțiunile din fișier
n — numărul ultimei secțiuni din fișier
A_1 — aria secțiunii
i_1 — raza de inerție față de axa *1—1*
e — poziția centrului de greutate

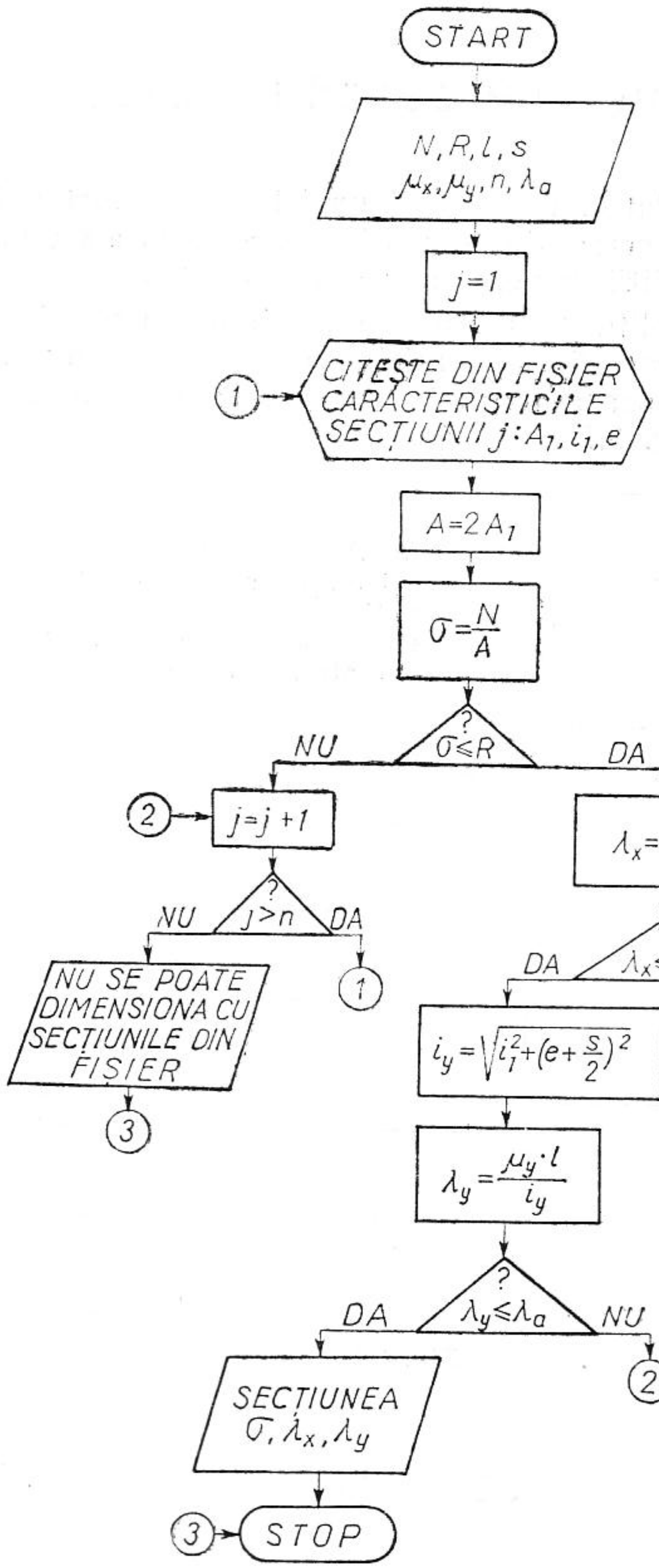
j	Denumirea secțiunii	A_1, cm^2	i_1, cm	e, cm
1				
2				
⋮				
⋮				
n				

Fig. 3.4.

3.8. APLICAȚII

APLICAȚIA 3.1. Să se alcătuiască diagonala întinsă 3–4 a grinzii cu zăbrele din figura 3.6, a, cunoscînd: efortul axial de calcul N=395 kN; secțiunea barei nu are slăbiri, prinderea barei în noduri realizîndu-se cu sudură.

SCHEMA 35 - ALGORITM PENTRU DIMENSIONAREA BARELOR ÎNTINSE CU SECȚIUNEA FORMATĂ DIN DOUĂ CORNIERE PUȚIN DEPĂRTATE



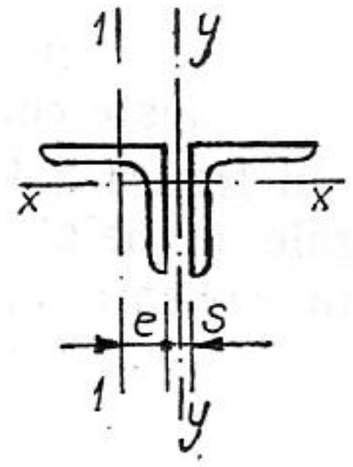


Fig. 3.5:
l — lungimea barei; μ_x, μ_y — coeficienții de flambaj.

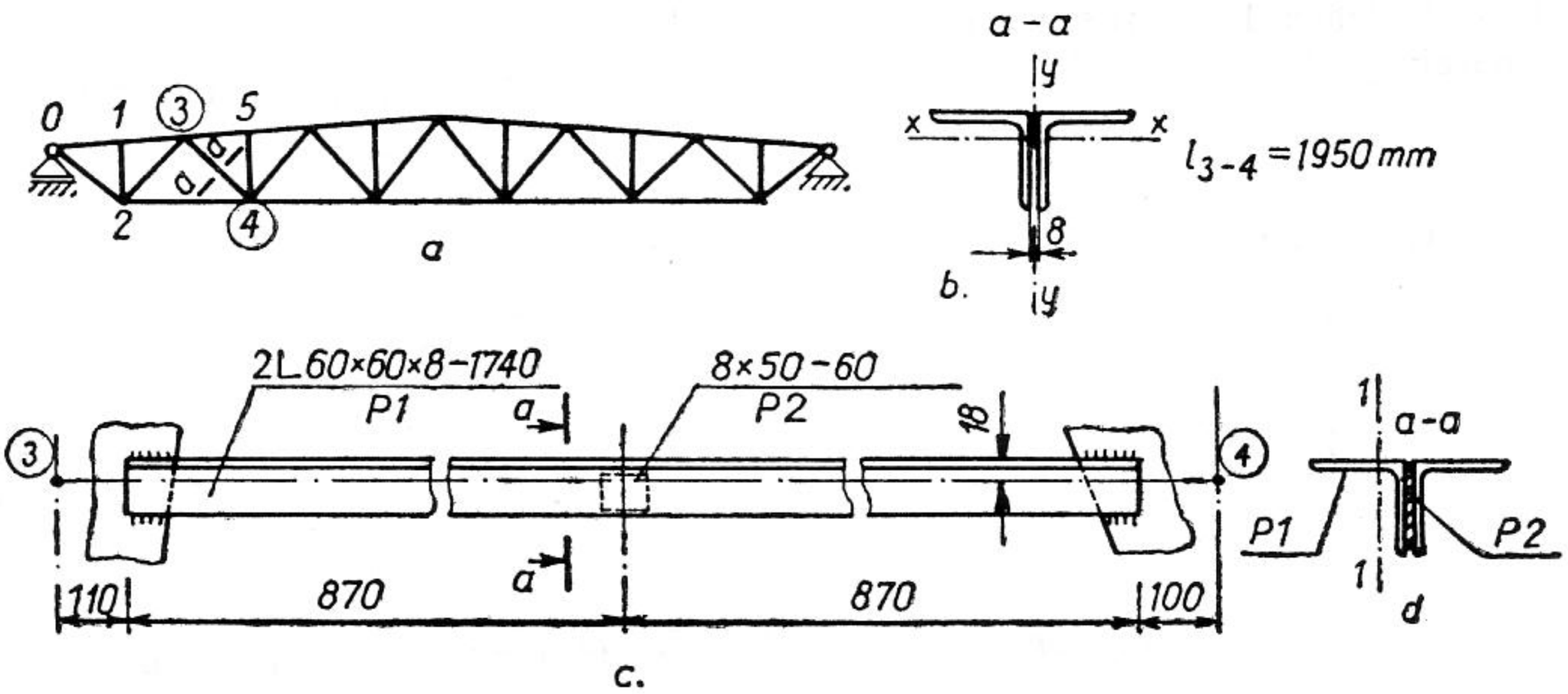


Fig. 3.6.

Rezolvare (v. schema 3.3)

1. Elemente cunoscute:
— efortul axial de calcul, N;
— modul de prindere a barei la noduri, slăbiri.

1.
— $N = 395$ kN;
— secţiunea barei nu are slăbiri, prinderea în noduri realizîndu-se cu sudură.

a. *Alegerea secţiunii*

2. Propune:
— tipul secţiunii;

2.
— se propune o secţiune formată din două corniere puţin depărtate (fig. 3.6, *b*);

— marca oţelului folosit şi rezistenţa de calcul, R;
— coeficientul de slăbire a secţiunii, α.

— se propune oţel OL 37 cu rezistenţa de calcul, $R = 220$ N/mm²;
— $\alpha = 1$, deoarece secţiunea barei nu are slăbiri.

3. Calculează aria necesară a secţiunii barei:

$$A_{nec} = \frac{N}{R};$$

3.

$$A_{nec} = \frac{395 \cdot 10^3}{220} = 1\,795 \text{ mm}^2 =$$

$$= 17{,}95 \text{ cm}^2.$$

4. Propune o secţiune cu $A \geqslant A_{nec}$.

4. Se propune o secţiune formată din două corniere, 2L $60 \times 60 \times 8$ (v. anexa 2, tab. 2.21) ca în figura 3.6, *d*, cu următoarele caracteristici:

$A = 18{,}06$ cm²; $i_x = 1{,}8$ cm;
$i_y = 2{,}82$ cm; $i_1 = 1{,}8$ cm.

b. *Verificarea secţiunii*

5. Verifică tensiunea:

$$\sigma = \frac{N}{A} \leqslant R.$$

5.

$$\sigma = \frac{395 \cdot 10^3}{18{,}06 \cdot 10^2} = 218{,}7 \text{ N/mm}^2 < R.$$

6. Calculează lungimile de flambaj ale barei: l_{fx}, l_{fy}.

6.

$$l_{fx}=0{,}8\cdot l=0{,}8\cdot 195=156 \text{ cm};$$

$$l_{fy}=l=195 \text{ cm}.$$

7. Verifică zvelteţea barei

$$\lambda_x=\frac{l_{fx}}{i_x}\leqslant\lambda_a;$$

$$\lambda_y=\frac{l_{fy}}{i_y}\leqslant\lambda_a;$$

7.

$$\lambda_x=\frac{156}{1{,}8}=86{,}7<\lambda_a;$$

$$\lambda_y=\frac{195}{2{,}82}=69{,}1<\lambda_a;$$

$\lambda_a=400$.

c. *Condiţii constructive* (v. pct. 3.5)

— elementele secţiunii se solidarizează cu plăcuţe $8\times 50-60$;
— distanţa maximă între plăcuţe, $l_1=80\cdot i_1=80\times 1{,}8=144$ cm;
— pe lungimea barei este necesară o singură plăcuţă de solidarizare (fig. 3.6, *c*)

APLICAŢIA 3.2. Să se verifice bara 4–6 **a grinzii cu zăbrele din figura 3.7,** a, **cunoscînd: efortul axial de calcul** N=**910 kN; oţelul folosit este OL 52; secţiunea barei este dată în figura 3.7,** b; **prinderea barei în noduri se realizează cu şuruburi de înaltă rezistenţă pretensionate M 22 în găuri cu diametrul de 23 mm (fig. 3.7,** c, d).

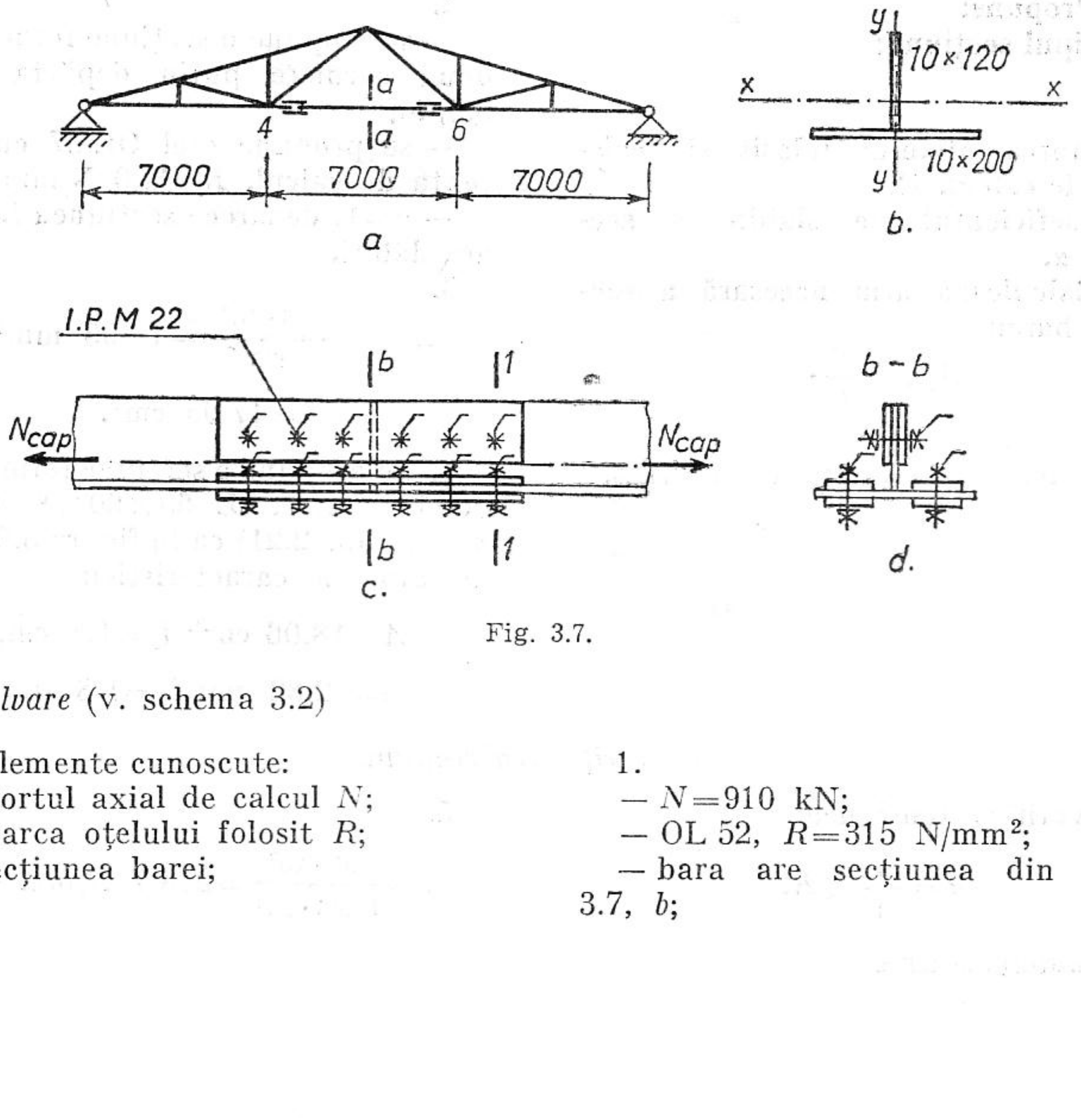


Fig. 3.7.

Rezolvare (v. schema 3.2)

1. Elemente cunoscute:
— efortul axial de calcul N;
— marca oţelului folosit R;
— secţiunea barei;

1.
— $N=910$ kN;
— OL 52, $R=315$ N/mm²;
— bara are secţiunea din figura 3.7, *b*;

— slăbirile secțiunii.

2. Calculează aria secțiunii brute a barei, A.

3. Calculează aria netă a secțiunii A_n.

4. Calculează:

$$N' = N\left(1 - 0{,}4\,\frac{n_1}{n}\right).$$

5. Verifică tensiunea:

a — cu secțiunea brută și întreaga valoare a efortului axial,

$$\sigma = \frac{N}{A} \leqslant R;$$

b — cu secțiunea netă și valoarea redusă, N' a efortului axial:

$$\sigma = \frac{N'}{A_n} \leqslant R.$$

6. Calculează razele de inerție ale secțiunii brute față de axele principale centrale: i_x, i_y.

7. Calculează lungimile de flambaj ale barei:

$$l_{fx},\ l_{fy}.$$

8. Verifică zvelțețea barei:

$$\lambda_x = \frac{l_{fx}}{i_x} \leqslant \lambda_a;$$

$$\lambda_y = \frac{l_{fy}}{i_y} \leqslant \lambda_a.$$

— bara are slăbiri datorită găurilor pentru șuruburi (fig. 3.7, *c*, *d*).

2.

$$A = 1 \cdot 12 + 1 \cdot 20 = 32 \text{ cm}^2.$$

3.

$$A_n = 32 - 3 \cdot 2{,}3 \cdot 1 = 25{,}1 \text{ cm}^2.$$

4.

$$N' = 910\left(1 - 0{,}4\,\frac{3}{9}\right) = 788{,}7 \text{ kN}.$$

5.

a.

$$\sigma = \frac{910 \cdot 10^3}{32 \cdot 10^2} = 284{,}4 \text{ N/mm}^2 < R;$$

b.

$$\sigma = \frac{788{,}7 \cdot 10^3}{25{,}1 \cdot 10^2} = 314{,}2 \text{ N/mm}^2 < R.$$

6.

$$i_x = 3{,}8 \text{ cm};$$

$$i_y = 4{,}56 \text{ cm}.$$

7. Considerînd că talpa inferioară a grinzii are legături transversale în nodurile *4* și *6* rezultă:

$$l_{fx} = l_{fy} = l = 700 \text{ cm}.$$

8.

$$\lambda_x = \frac{700}{3{,}8} = 184{,}2 < \lambda_a;$$

$$\lambda_y = \frac{700}{4{,}56} = 153{,}5 < \lambda_a;$$

$$\lambda_a = 400.$$

CAPITOLUL 4

BARE SOLICITATE LA RĂSUCIRE

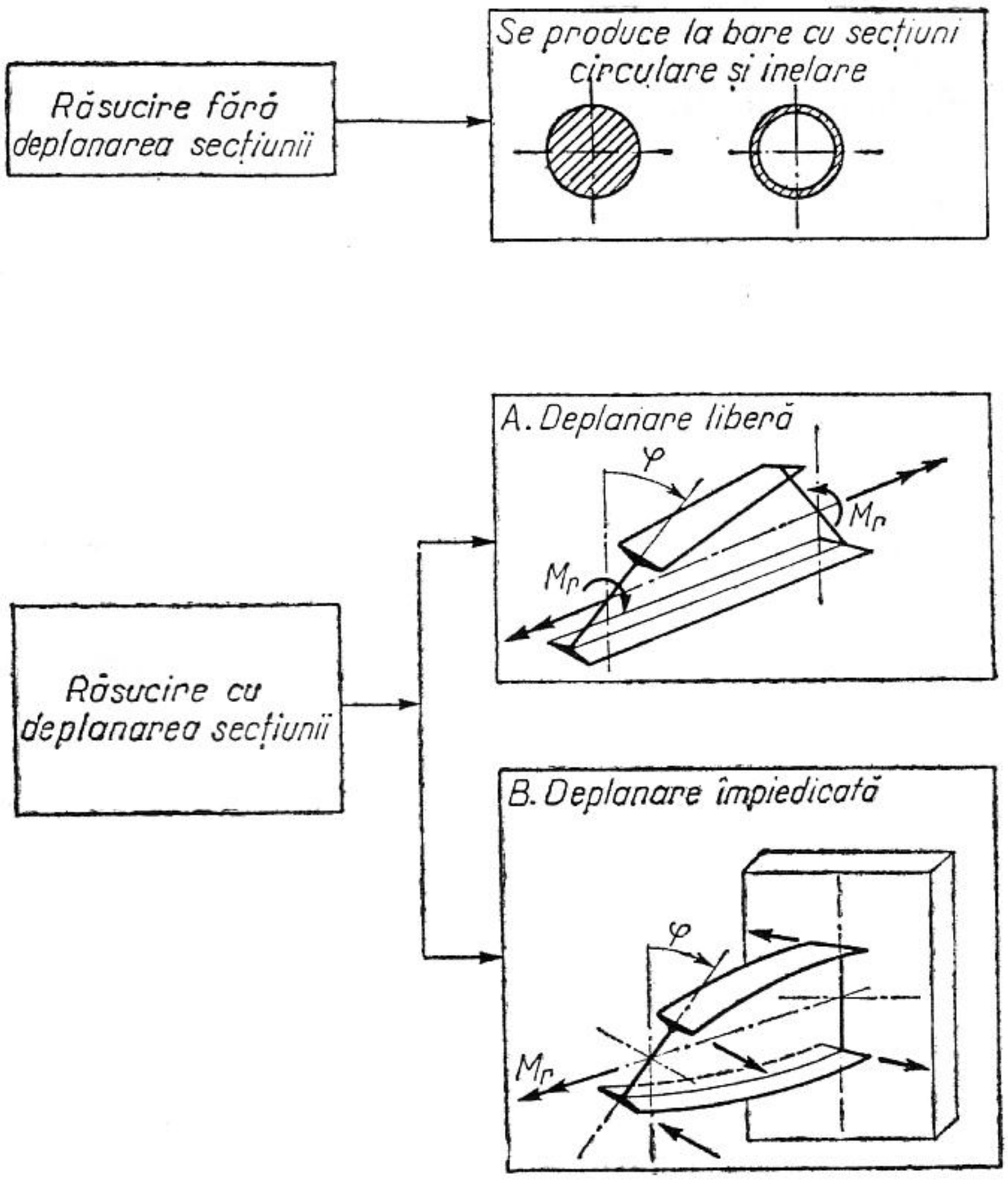
4.1. GENERALITĂȚI

Răsucirea elementelor de construcții se întîlnește, în general, însoțind alte solicitări: întindere, compresiune, încovoiere etc.

În funcție de tipul secțiunii, legăturile barei și distribuția momentelor de răsucire se poate face clasificarea din schema 4.1.

Atunci cînd este posibil, este recomandabil ca solicitarea de răsucire să fie redusă prin măsuri constructive, deoarece acest tip de solicitare poate avea efecte foarte

Schema 4.1



defavorabile asupra elementelor de construcții obișnuite. Rezemările barelor solicitate la răsucire pot fi:

— încastrare (fig. 4.1, *a*), care blochează rotirea și deplanarea secțiunii din reazem;

— rezemare tip „furcă" (fig. 4.1, *b*), care blochează rotirea secțiunii de reazem și lasă liberă deplanarea;

— capăt liber (fig. 4.1, *a*), care lasă libere rotirea și deplanarea secțiunii de capăt.

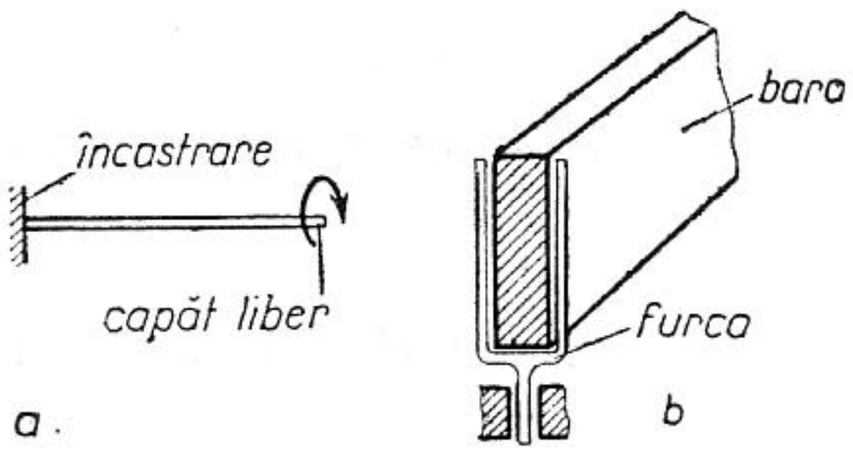


Fig. 4.1.

4.2. RĂSUCIRE FĂRĂ DEPLANARE

În cazul răsucirii fără deplanare, secțiunile perpendiculare pe axa barei rămîn plane și perpendiculare pe axa barei și după aplicarea unui moment de răsucire.

Răsucirea fără deplanare se produce în situațiile care satisfac următoarele condiții:

— bara este dreaptă;

— secțiunea barei este circulară plină sau inelară și constantă;

— momentele de răsucire (egale și de semn contrar) se aplică numai la capetele barei, în așa fel încît să producă tensiuni cu aceeași distribuție ca în toate celelalte secțiuni intermediare.

Orice abatere de la aceste condiții produce deplanarea secțiunii.

4.2.1. DISTRIBUȚIA TENSIUNILOR

Secțiuni circulare pline (*cazul a, 1* din tabelul 4.1). Pe secțiune apar numai tensiuni tangențiale cu distribuție liniară:

$$\tau = \frac{M_r}{I_r} \cdot r,$$

în care:

M_r reprezintă momentul de răsucire din secțiune;

I_r — momentul de inerție la răsucire al secțiunii circulare;

r — raza punctului în care se calculează tensiunea tangențială.

Tensiunea maximă se realizează pe tangenta la contur:

$$\tau_{max} = \frac{M_r}{I_r} \cdot R.$$

Secțiuni inelare (*cazul b, 2* din tabelul 4.1). Grosimea peretelui fiind relativ mică, tensiunile tangențiale pot fi considerate constante pe grosimea peretelui și se calculează cu formula lui Bredt:

$$\tau = \frac{M_r}{2 \cdot A \cdot t} = \frac{M_r}{2 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot t},$$

în care:

A reprezintă aria suprafeței închise de linia mediană a grosimii peretelui (în cazul secțiunii inelare, $A = 2 \cdot \pi \cdot r^2$);

t — grosimea peretelui;

r — raza liniei mediane.

4.2.2. RELAȚII DE VERIFICARE

Verificarea stării limită de rezistență:

$$\tau_{max} \leqslant R_f.$$

Verificarea stării limită de deformație:

$$\theta \leqslant \theta_a.$$

Termenii din relațiile anterioare au următoarele semnificații:

τ_{max} reprezintă tensiunea tangențială maximă;

θ — răsucirea specifică; se calculează cu relațiile din tabelul 4.1 în care G reprezintă modulul de elasticitate la lunecare care, pentru oțel, are valoarea $G=0{,}81\cdot10^5$ N/mm^2;

R_f — rezistența de calcul la forfecare a oțelului (anexa 3, tab. 3.5);

θ_a — răsucirea specifică admisă.

4.3. RĂSUCIREA CU DEPLANARE LIBERĂ

Răsucirea cu deplanare liberă se produce în situațiile care satisfac următoarele condiții:

— bara este dreaptă;

— secțiunea barei este constantă;

— momentele de răsucire (egale și de semn contrar) se aplică numai la capetele barei și în așa fel încît să producă tensiuni cu aceeași distribuție ca în toate celelalte secțiuni intermediare.

Orice abatere de la aceste condiții produce răsucire cu deplanare împiedicată.

4.3.1. DISTRIBUȚIA TENSIUNILOR

În cazul răsucirii cu deplanare liberă, pe secțiune apar numai tensiuni tangențiale τ, a căror distribuție pe grosimea peretelui este influențată foarte mult de tipul secțiunii.

Secțiuni închise, cu pereți subțiri (*cazul b* din tabelul 4.1). Pentru grosimi de perete relativ reduse, tensiunile tangențiale pot fi considerate constante pe grosimea peretelui și se calculează, așa cum s-a arătat și la secțiunile inelare, cu formula lui Bredt:

$$\tau = \frac{M_r}{2\cdot A\cdot t},$$

în care:

M_r reprezintă momentul de răsucire;

A — aria suprafeței închise de linia mediană a grosimii peretelui;

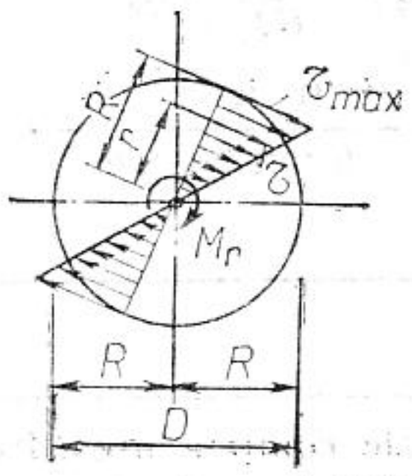
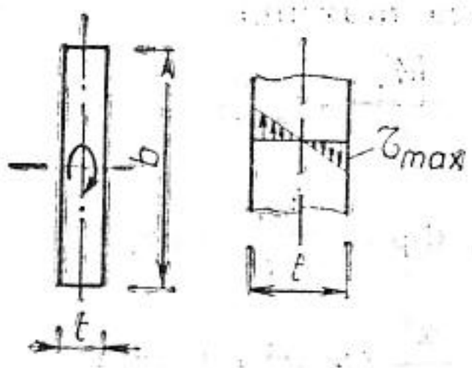
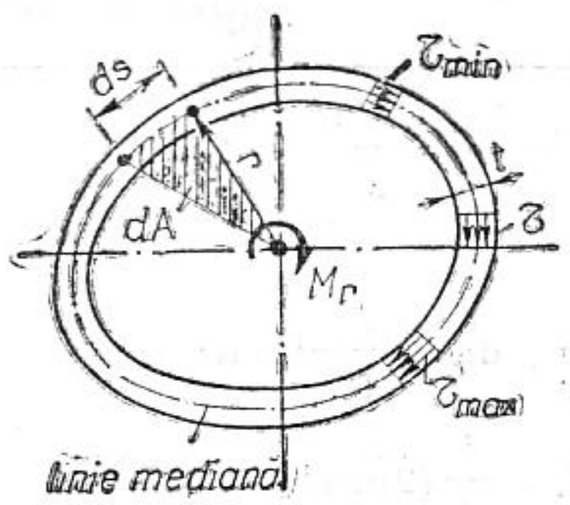
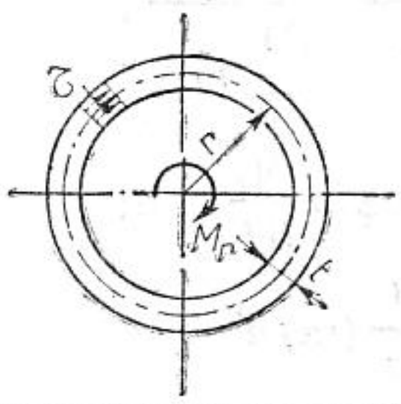
t — grosimea peretelui.

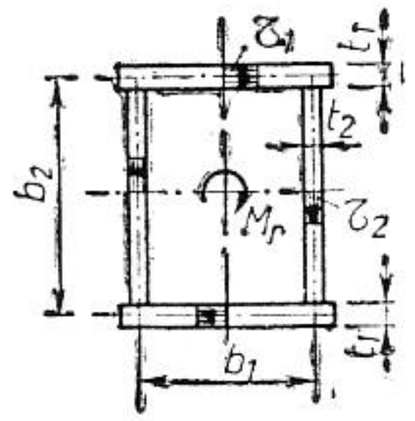
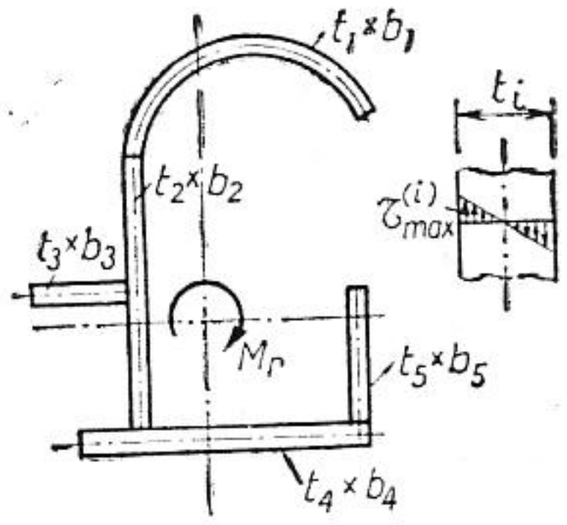
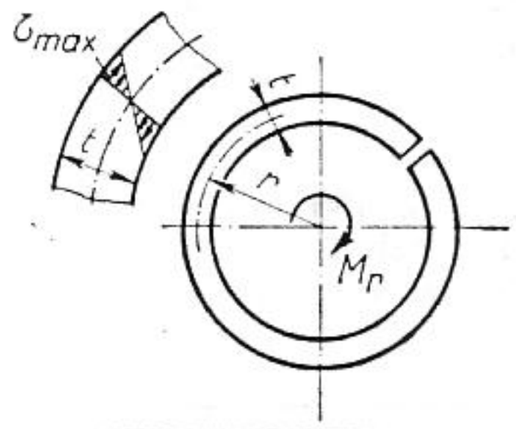
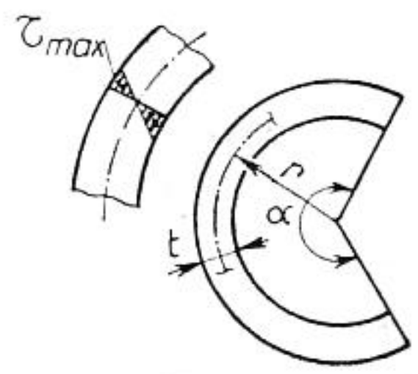
Tensiunea tangențială maximă se realizează pentru grosimea minimă de perete:

$$\tau_{max} = \frac{M_r}{2\cdot A\cdot t_{min}}.$$

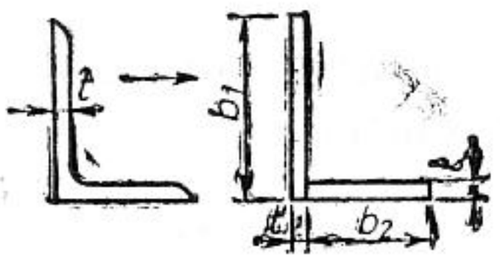
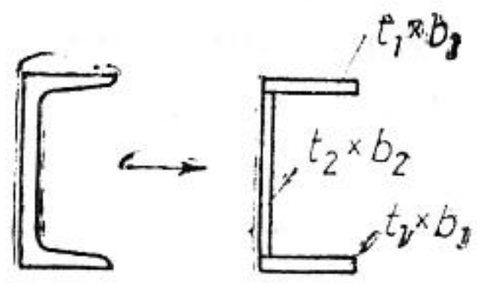
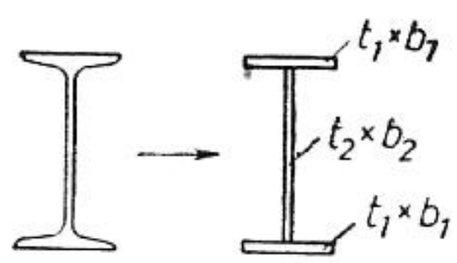
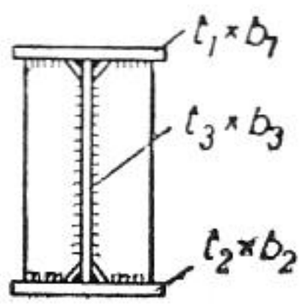
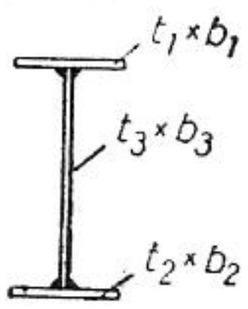
Tabelul 4.1

Răsucire cu deplanare liberă sau fără deplanare; relații de calcul

Tipul secțiunii	Relații de calcul
a. *Secțiuni pline*	
1. Secțiune circulară 	$\tau = \frac{M_r}{I_r} \cdot r;\ \tau_{max} = \frac{M_r}{I_r} \cdot R;$ $\theta = \frac{M_r}{GI_r};\ d\varphi = \frac{M_r}{GI_r} \cdot dz;$ $I_r = \frac{\pi D^4}{32}.$
2. Secțiune dreptunghiulară subțire $\left(\frac{b}{t} > 10\right)$ 	$\tau_{max} = \frac{M_r}{I_r} \cdot t;$ $\theta = \frac{M_r}{GI_r};\ d\varphi = \frac{M_r}{GI_r} dz;$ $I_r = \frac{1}{3} bt^3.$
b. *Secțiuni închise, cu pereți subțiri*	
1. Cazul general 	$\tau = \frac{M_r}{2At};\ \tau_{min} = \frac{M_r}{2At_{max}};\ \tau_{max} = \frac{M_r}{2At_{min}};$ $\theta = \frac{M_r}{GI_r};\ d\varphi = \frac{M_r}{GI_r} dz;\ I_r = \frac{4A^2}{\oint \frac{ds}{t}};$ A reprezintă aria suprafeței închise de linia mediană a grosimii peretelui; t — grosimea peretelui care poate fi variabilă ca în figură
2. Secțiune inelară 	$\tau = \frac{M_r}{2At} = \frac{M_r}{2\pi r^2 t};$ $\theta = \frac{M_r}{GI_r};\ d\varphi = \frac{M_r}{GI_r} dz;$ $I_r = \frac{4A^2}{\oint \frac{ds}{t}} = 2\pi r^3 t;$

Tipul secțiunii	Relații de calcul
3. Secțiune chesonată 	$\tau_{max}=\tau_2=\frac{M_r}{2At_{min}}=\frac{M_r}{2\cdot b_1\cdot b_2\cdot t_2}$ pentru $(t_{min}=t_2)$; $\tau_1=\frac{M_r}{2\cdot b_1\cdot b_2\cdot t_1}$; $\theta=\frac{M_r}{GI_r}$; $d\varphi=\frac{M_r}{GI_r}\cdot dz$; $I_r=\frac{4A^2}{\oint\frac{ds}{t}}=\frac{2\cdot t_1\cdot t_2\cdot b_1^2\cdot b_2^2}{t_1\cdot b_2+t_2\cdot b_1}$.
c. *Secțiuni deschise, cu pereți subțiri*	
1. Cazul general 	— în fiecare din elementele componente (dreptunghiuri sau porțiuni curbe) tensiunile τ au distribuția din figură: $\tau_{max}^i=\frac{M_r}{I_r}\cdot t_i$; — tensiunea tangențială maximă se realizează în elementul cu grosimea maximă: $\tau_{max}=\frac{M_r}{I_r}\cdot t_{max}$; $\theta=\frac{M_r}{GI_r}$; $d\varphi=\frac{M_r}{GI_r}\cdot dz$; $I_r=\frac{\alpha'}{3}\Sigma b_i\cdot t_i^3=\frac{\alpha'}{3}(b_1\cdot t_1^3+b_2\cdot t_2^3+\ldots)$; — coeficientul α' ține seama de efectul racordărilor între elementele componente; $\alpha'=1$ pentru corniere; $\alpha'=1{,}1$ pentru profile U; $\alpha'=1{,}2$ pentru profile I; — t_i reprezintă grosimea, iar b_i lățimea unui element component.
2. Secțiune inelară crestată 	$\tau_{max}=\frac{M_r\cdot t}{I_r}=\frac{M_r}{\frac{2}{3}\pi rt^2}$; $\vartheta=\frac{M_r}{GI_r}$; $d\varphi=\frac{M_r}{GI_r}\cdot dz$; $I_r=\frac{1}{3}(2\pi r)t^3$
3. Sector inelar 	$\tau_{max}=\frac{M_r\cdot t}{I_r}=\frac{M_r}{\frac{1}{3}r\alpha t^2}$; $\theta=\frac{M_r}{GI_r}$; $d\varphi=\frac{M_r}{GI_r}\cdot dz$; $I_r=\frac{1}{3}(r\alpha)\cdot t^3$

Tabelul 4.1 (continuare)

Tipul secțiunii	Relații de calcul
4. Cornier cu aripi neegale 	$\tau_{max}=\frac{M_r}{I_r}\cdot t;$ $\theta=\frac{M_r}{GI_r};\ d\varphi=\frac{M_r}{GI_r}\cdot dz;$ $I_r=\frac{1}{3}(b_1+b_2)\cdot t^3$
5. Profil U 	$\tau=\frac{M_r}{I_r}\cdot t;\ \tau_{max}=\frac{M_r}{I_r}\cdot t_1;\ (t_{max}=t_1);$ $\theta=\frac{M_r}{GI_r};\ d\varphi=\frac{M_r}{GI_r}\cdot dz;$ $I_r=\frac{1,1}{3}(2b_1\cdot t_1^3+b_2\cdot t_2^3)$
6. Profil I 	$\tau=\frac{M_r}{I_r}\cdot t;\ \tau_{max}=\frac{M_r}{I_r}\cdot t_1;\ (t_1>t_2);$ $\theta=\frac{M_r}{GI_r};\ d\varphi=\frac{M_r}{GI_r}\cdot dz;$ $I_r=\frac{1,2}{3}(2b_1t_1^3+b_2t_2^3).$
7. Secțiune I compusă din tablă sudată; bara are rigidizări transversale sudate de tălpi 	$\tau=\frac{M_r}{I_r}t;\ \tau_{max}=\frac{M_r}{I_r}\cdot t_{max};$ $t_{max}=max\ (t_1;\ t_2;\ t_3);$ $\theta=\frac{M_r}{GI_r};\ d\varphi=\frac{M_r}{GI_r}\cdot dz;$ $I_r=\frac{1,5}{3}(b_1\cdot t_1^3+b_2\cdot t_2^3+b_3\cdot t_3^3)$
8. Secțiune I compusă din tablă sudată 	$\tau=\frac{M_r}{I_r}\cdot t;\ \tau_{max}=\frac{M_r}{I_r}\cdot t_{max};$ $t_{max}=max\ (t_1;\ t_2;\ t_3)$ $\theta=\frac{M_r}{GI_r};\ d\varphi=\frac{M_r}{GI_r}\cdot dz;$ $I_r=\frac{1}{3}(b_1\cdot t_1^3+b_2\cdot t_2^3+b_3\cdot t_3^3).$

Secțiuni deschise, cu pereți subțiri (*cazul c* din tabelul 4.1). Tensiunile tangențiale au variația liniară pe grosimea peretelui și se calculează cu relația:

$$\tau_{max}^{(i)} = \frac{M_r}{I_r} \cdot t_i,$$

în care:

$\tau_{max}^{(i)}$ reprezintă tensiunea tangențială maximă pe grosimea t_i;
M_r — momentul de răsucire;
I_r — momentul de inerție la răsucire care, pentru secțiuni compuse din dreptunghiuri se calculează cu relația:

$$I_r = \frac{\alpha'}{3} \Sigma b_i \cdot t_i^3;$$

termenii α', b_i, t_i au semnificația din tabelul 4.1, *cazul c*.

Relația anterioară, pentru calculul momentului de inerție la răsucire este valabilă și pentru secțiuni alcătuite din dreptunghiuri și sectoare inelare; acestea din urmă se asimilează cu dreptunghiuri de lungime egală cu lungimea liniei mediane.

Tensiunea tangențială maximă rezultă în dreptunghiul cu grosimea maximă:

$$\tau_{max} = \frac{M_r}{I_r} \cdot t_{max}.$$

4.3.2. RELAȚII DE VERIFICARE

Verificarea stării limită de rezistență:

$$\tau_{max} \leqslant R_f.$$

Verificarea stării limită de deformație:

$$\theta \leqslant \theta_a.$$

Termenii din relațiile anterioare au aceleași semnificații ca la pct. 4.2.2.

4.3.3. CRITERII DE ALCĂTUIRE ECONOMICĂ

Marca oțelului folosit și forma secțiunii sînt factori care influențează preponderent asupra ariei secțiunii transversale și, implicit, asupra consumului de oțel.

Din analiza tabelului 4.1, *cazurile b* și *c*, se observă că secțiunile închise, în comparație cu cele deschise, sînt mult mai avantajoase pentru preluarea momentelor de răsucire (v. și aplicația 4.2).

4.4. RĂSUCIREA CU DEPLANARE ÎMPIEDICATĂ A BARELOR CU SECȚIUNE DESCHISĂ

Sub acțiunea momentelor de răsucire, secțiunile deschise au tendință de deplanare. Orice cauză care împiedică deplanarea liberă (rezemări tip încastrare, momente de răsucire pe intervalul dintre capete) produce răsucire cu deplanare împiedicată.

Într-o secțiune a unor bare solicitate la răsucire cu deplanare împiedicată, în afară de tensiunile tangențiale τ_s, caracteristice deplanării libere, apar suplimentar: tensiuni tangențiale τ_ω și tensiuni normale σ_ω.

4.4.1. CARACTERISTICI GEOMETRICE ALE SECȚIUNILOR

Pentru calculul la răsucire cu deplanare împiedicată este necesar să se stabilească următoarele caracteristici geometrice ale secțiunilor: coordonatele sectoriale ω, poziția centrului de răsucire, punctul sectorial de zero principal, momente statice sectoriale S_ω, momentul de inerție sectorial I_ω.

4.4.1.1. **Coordonate sectoriale.** Se consideră un pol fix C și un punct fix B pe linia mediană a secțiunii din figura 4.2, *a*; raza CB se numește rază vectoare de origine; un punct I oarecare de pe linia mediană poate fi definit prin coordonata:

$$\omega_I = \int_{S_1}^{S_2} r \, ds,$$

în care:

ω_I este coordonata sectorială a punctului I;
S_1, S_2 — limitele integralei corespunzătoare capetelor arcului BI;
r — funcția care definește forma conturului secțiunii (raza);
ds — arcul elementar, măsurat pe linia mediană.

Coordonata sectorială ω_I a unui punct oarecare I de pe linia mediană a secțiunii reprezintă dublul ariei suprafeței delimitată de raza vectoare de origine (CB), linia mediană a secțiunii (BI) și raza vectoare a punctului I (CI).

Coordonata sectorială a punctului I (fig. 4.2, *a*) reprezintă dublul ariei suprafeței hașurate.

Convenția de semn a coordonatei sectoriale este următoarea: valoarea pozitivă este dată de mișcarea razei vectoare (CI) în sens orar.

Coordonata sectorială a punctului *1* din figura 4.2, *b*, raza vectoare de origine fiind CB, are valoarea:

$$\omega_1 = -2 \cdot \frac{1}{2} \cdot c \cdot \frac{h}{2} = -\frac{ch}{2}.$$

Coordonata sectorială a punctului *2* din figura 4.2, *c* are valoarea:

$$\omega_2 = 2\left(-\frac{1}{2} \cdot c \cdot \frac{h}{2} + \frac{1}{2} \cdot b \cdot \frac{h}{2}\right) = \frac{h}{2}(b-c).$$

În acest fel rezultă diagrama de coordonate sectoriale din figura 4.2, *d* pentru toate punctele de pe linia mediană a secțiunii.

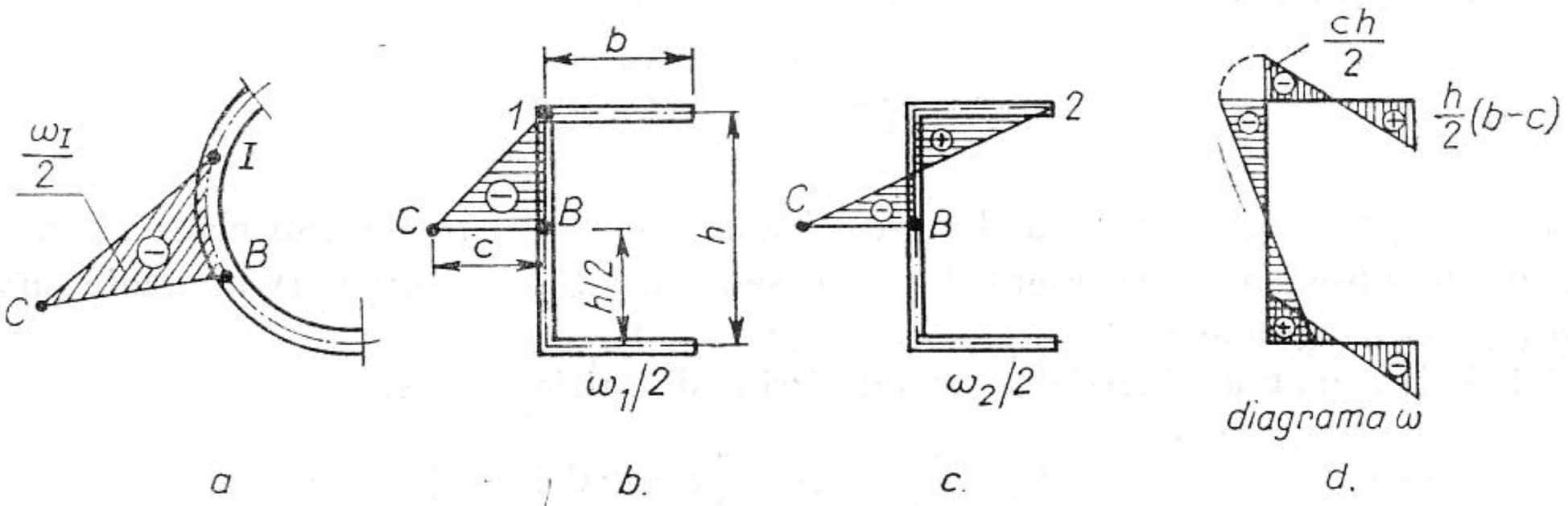
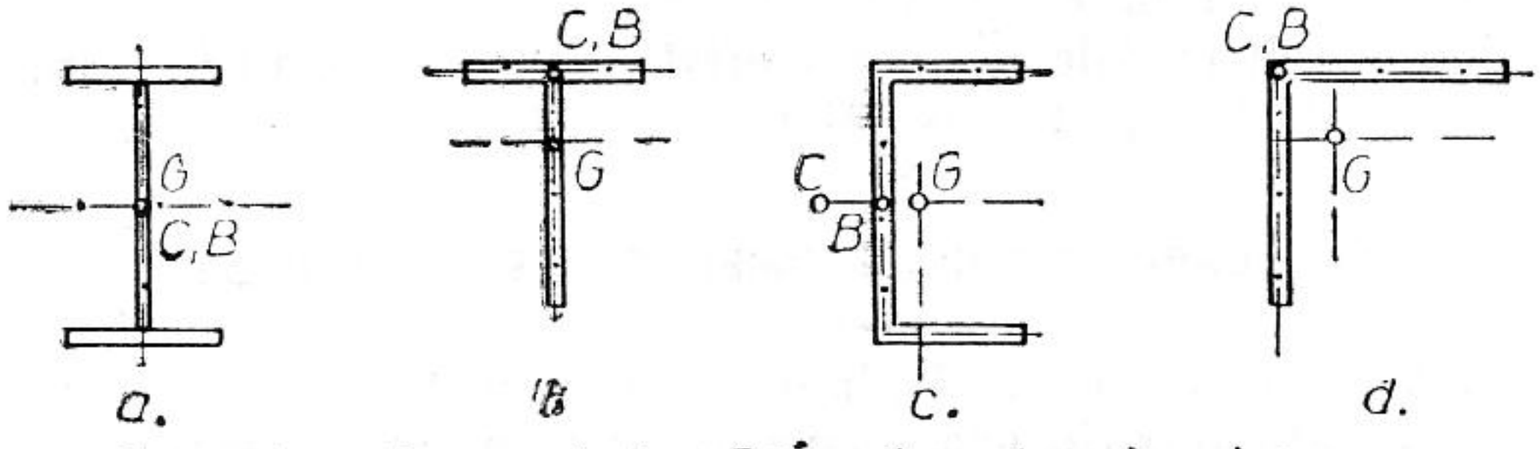


Fig. 4.2.



G-centru de greutate ; C-centru de răsucire
B-punct sectorial de zero principal

Fig. 4.3.

Pentru calculul la răsucire, diagrama ω se stabilește în raport cu raza vectoare de origine care are cele două extremități în centrul de răsucire (C) și în punctul sectorial de zero principal (B).

4.4.1.2. **Centrul de răsucire.** Este un punct caracteristic al secțiunii, prin care dacă trece suportul forței tăietoare nu se produce răsucirea barei. Poziția centrului de răsucire C se găsește pentru:

— secțiuni cu două axe de simetrie (fig. 4.3, *a*), la intersecția acestora;
— secțiuni cu o singură axă de simetrie (fig. 4.3, *c*), pe această axă;
— secțiuni formate din două aripi (fig. 4.3, *d*, *b*), la intersecția acestora.

Calculul poziției centrului de răsucire se poate face ca în schema 4.2.

4.4.1.3. **Punct sectorial de zero principal.** Punctul de pe linia mediană, de coordonată sectorială nulă, cel mai apropiat față de centrul de răsucire, se numește punct sectorial de zero principal. Determinarea poziției acestui punct se poate face ca în schema 4.3.

În figura 4.3 sînt indicate pozițiile punctului sectorial de zero principal B, pentru cîteva secțiuni.

4.4.1.4. **Moment static sectorial.** Prin definiție, se scrie:

$$S_\omega^0 = \int_0^s \omega \cdot \mathrm{d}A = \int_0^s \omega \cdot t \cdot \mathrm{d}s,$$

în care:

S_ω^0 reprezintă momentul static sectorial al unei părți de secțiune de la originea arcelor pînă la o distanță s pe linia mediană a secțiunii;
t — grosimea secțiunii;
$\mathrm{d}s$ — arcul elementar măsurat pe linia mediană.

Pentru porțiuni de grosime t constantă rezultă:

$$S_\omega^0 = t \int_0^s \omega \cdot \mathrm{d}s,$$

adică S_ω^0 reprezintă suprafața diagramei ω de la origine pînă la o abscisă oarecare s.

Se poate observa că momentul static sectorial S_ω^0 are un maxim acolo unde diagrama ω se anulează (v. aplicațiile 4.3 și 4.4).

4.4.1.5. **Moment de inerție sectorial.** Prin definiție, se scrie:

$$I_\omega = \int_A \omega^2 \cdot \mathrm{d}A = \int_A \omega \cdot \omega \cdot \mathrm{d}A$$

Schema 4.2

Calculul poziției centrului de răsucire

1. Elemente cunoscute:
   — secțiunea (fig. 4.4)

↓

2. Stabilește poziția centrului de greutate G și trasează axele principale centrale xGy

↓

3. Calculează momentele de inerție față de axele principale centrale: I_x, I_y

↓

4. Alege un pol oarecare $P(a, b)$ și trasează sistemul de axe $x'Py'$, paralele cu xGy; alegerea polului P se face astfel încît diagrama w_P în raport cu acest pol să rezulte cît mai simplă

↓

5. Trasează:
   — diagrama coordonatelor sectoriale ω_P
   — diagrama absciselor x
   — diagrama ordonatelor y

↓

6. Calculează coordonatele centrului de răsucire C, în sistemul de axe $x'Py'$;

$$x'_c = \frac{\int_A \omega_P \cdot y \cdot dA}{I_x} = \frac{\int_s \omega_P \cdot y \cdot t \cdot ds}{I_x}$$

$$y'_c = -\frac{\int_A \omega_P \cdot x \cdot dA}{I_y} = -\frac{\int_s \omega_P \cdot x \cdot t \cdot ds}{I_y}$$

Obs. Pe porțiunile secțiunii unde grosimea t este constantă, iar coordonatele x sau y au cel mult variație liniară, integralele pot fi efectuate prin regula Vereșceaghin.

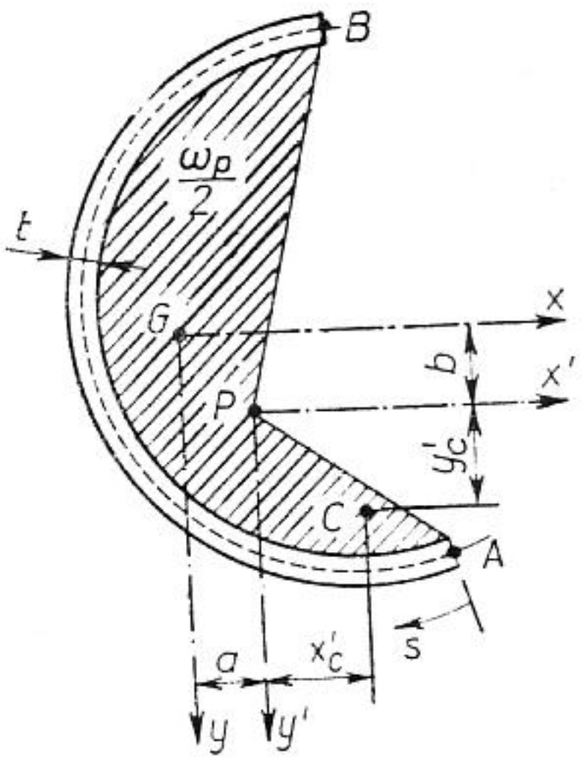


Fig 4.4

sau:

$$I_\omega = \int_s \omega \cdot \omega \cdot t \cdot ds.$$

Pentru porțiuni de grosime t constantă se mai poate scrie:

$$I_\omega = t \int_s \omega \cdot \omega \cdot ds.$$

Efectuarea integralei se poate face prin regula Vereșceaghin integrînd diagrama ω cu ea însăși.

Etapele de calcul ale caracteristicilor geometrice necesare calculului la răsucire cu deplanare împiedicată a barelor cu secțiune deschisă sînt indicate în schema 4.4.

Schema 4.3

Calculul poziției punctului sectorial de zero principal

1. Elemente cunoscute (fig. 4.5):
   — secțiunea
   — poziția centrului de răsucire C

↓

2. Alege un punct oarecare, B_0, pe linia mediană a secțiunii

↓

3. Trasează diagrama coordonatelor sectoriale, ω_0, considerînd că:
   — polul este centrul de răsucire, C;
   — raza vectoare de origine este CB_0.

↓

4. Calculează coordonata sectorială a punctului sectorial de zero principal B:

$$\omega_B = \frac{\int_A \omega_0 \cdot dA}{A} = \frac{\int_s \omega_0 \cdot t \cdot ds}{A}$$

ds — arcul elementar măsurat pe linia mediană
A — aria secțiunii

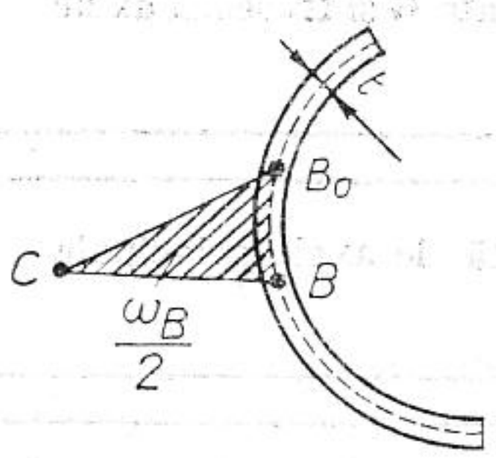


Fig. 4.5

Schema 4.4

Etapele de calcul ale caracteristicilor sectoriale

Elemente cunoscute:
— secțiunea barei

↓

a. Calculează poziția centrului de răsucire C (v. pct. 4.4.1.2)

↓

b. Calculează poziția punctului sectorial de zero principal B (v. pct. 4.4.1.3)

↓

c. Trasează diagrama coordonatelor sectoriale ω în raport cu raza vectoare de origine CB, C fiind polul sectoarelor (v. pct. 4.4.1.1)

↓

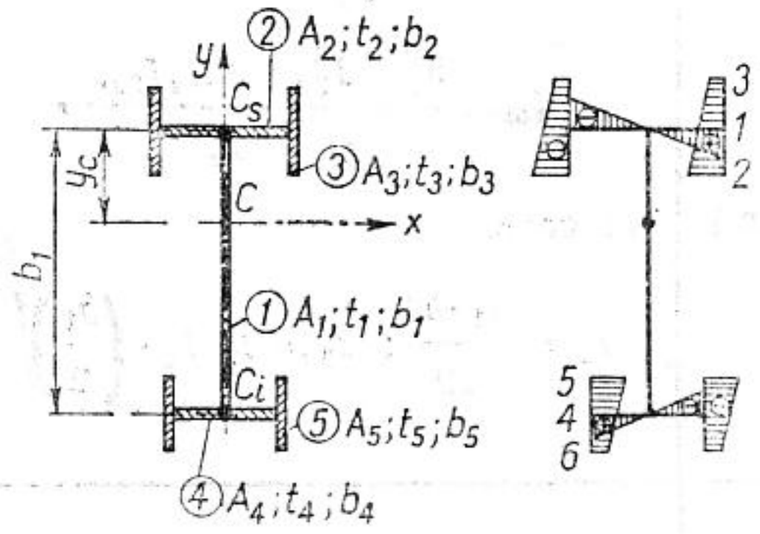
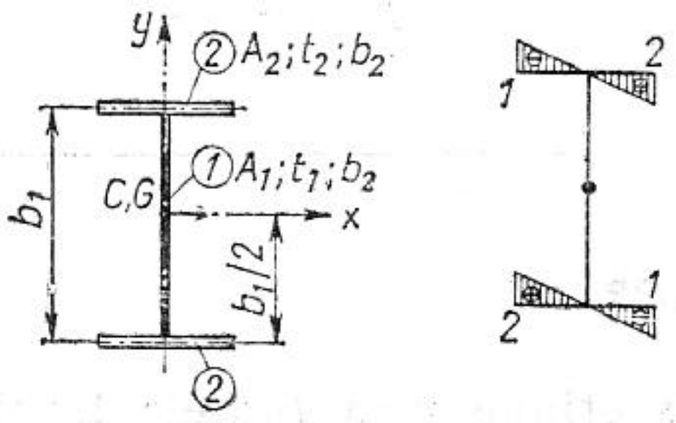
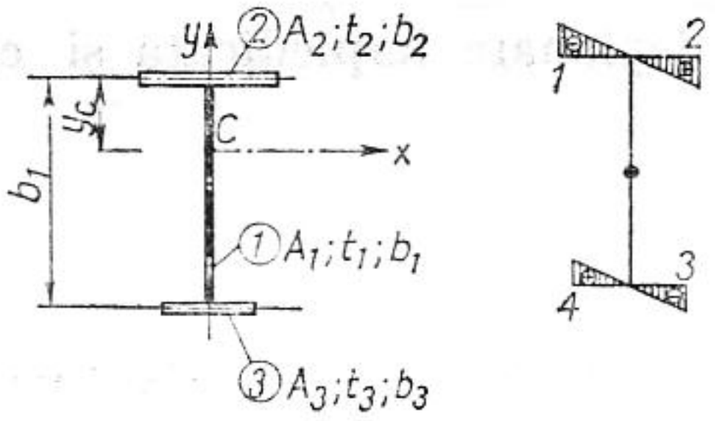
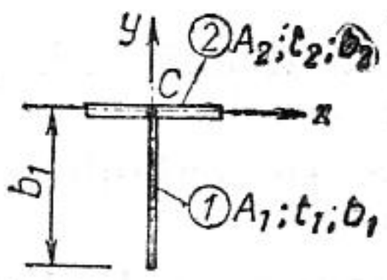
d. Calculează momentul static sectorial S_ω^0 (v. pct. 4.4.1.4)

↓

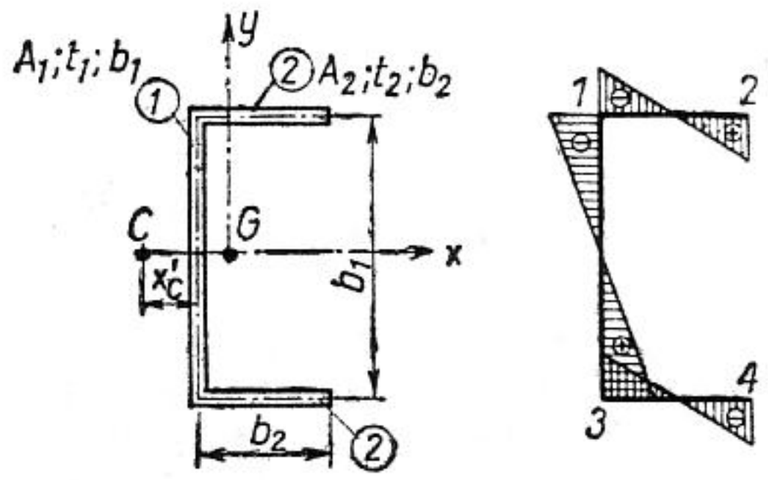
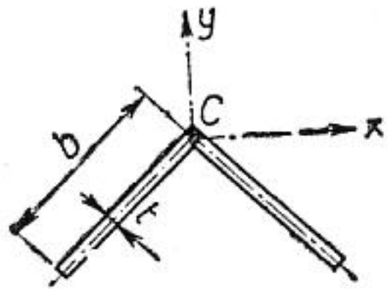
e. Calculează momentul de inerție sectorial I_ω (v. pct. 4.4.1.5)

În tabelul 4.2 sînt date relații pentru calculul poziției centrului de răsucire și al momentelor de inerție pentru cîteva tipuri de secțiuni deschise mai des întîlnite.

Relații pentru calculul caracteristicilor sectoriale *Tabelul 4.2*

Tipul secțiunii	Diagrama ω	Centrul de răsucire, I_ω
1. 	$\omega_1=0{,}5\ b_2\cdot y_c$ $\omega_2=0{,}5\ b_2\cdot(y_c+0{,}5\ b_3)$ $\omega_3=0{,}5\ b_2\cdot(y_c-0{,}5\ b_3)$ $\omega_4=0{,}5\ b_4(b_1-y_c)$ $\omega_5=0{,}5\ b_4(b_1-y_c+0{,}5\ b_5)$ $\omega_6=0{,}5\ b_4(b_1-y_c-0{,}5\ b_5)$	$y_c=\dfrac{I_{iy}\cdot b_1;}{I_y}$; $x_c=0$; $I_\omega=I_s\omega+I_i\omega+\dfrac{I_{sy}\cdot I_{iy}\cdot b_1^2}{I_y}$, în care: I_{iy}, I_{sy}, I_s, $I_i\omega$ reprezintă caracteristici proprii ale tălpii superioare, respectiv inferioare (suprafețele haşurate) ca în *cazul 2*
2. 	$\lvert\omega_1\rvert=\lvert\omega_2\rvert=\dfrac{b_1b_2}{4}$	$x_c=0$; $y_c=0$; $I_\omega=\dfrac{I_{2y}\cdot b_1^2}{2}=\dfrac{I_y\cdot b_1^2}{4}$; în care: $I_{2y}=\dfrac{t_2\cdot b_2^3}{12}$; $I_y=2I_{2y}$
3. 	$\lvert\omega_1\rvert=\lvert\omega_2\rvert=\dfrac{b_2y_c}{2}$ $\lvert\omega_3\rvert=\lvert\omega_4\rvert=\dfrac{b_3(h-y_c)}{2}$	$x_c=0$; $y_c=\dfrac{I_{3y}\cdot b_1}{I_y}$; $I_\omega=\dfrac{I_{2y}\cdot I_{3y}\cdot b_1^2}{I_y}$, în care: $I_{2y}=\dfrac{t_2\cdot b_2^3}{12}$; $I_{3y}=\dfrac{t_3\cdot b_3^3}{12}$; $I_y=I_{2y}+I_{3y}$
4. 	$\omega=0$	$x_c=0$; $y_c=0$; $I_\omega=0$; dacă se ține seama de grosimile pereților, rezultă; $I_\omega=\dfrac{(b_1\cdot t_1)^3}{36}+\dfrac{(b_2\cdot t_2)^3}{144}$.

Tabelul 4.2 (continuare)

Tipul secțiunii	Diagrama ω	Centrul de răsucire I_ω
5. 	$\lvert\omega_1\rvert=\lvert\omega_3\rvert=\frac{x_c\cdot b_1}{2}$ $\lvert\omega_2\rvert=\lvert\omega_4\rvert=\frac{b_1}{2}(b_2-x_c)$	$x'_c=\frac{I_{2x}\cdot b_2}{I_x}$; $y_c=0$; $I_\omega=\frac{b_2^2}{3}\cdot\frac{I_{2x}^2+2I_{1x}I_{2x}}{I_x}$, în care: $I_{1x}=\frac{t_1\cdot b_1^3}{12}$; $I_{2x}=t_2\cdot b_2\cdot\left(\frac{b_1}{2}\right)^2$
6. 	$\omega=0$	$x_c=0$; $y_c=0$; $I_\omega=0$; dacă se ține seama de grosimile pereților, rezultă $I_\omega=\frac{(b\cdot t)^3}{18}$.

4.4.2. DISTRIBUȚIA TENSIUNILOR

Răsucirea cu deplanare împiedicată produce în secțiune următoarele tensiuni

— tensiuni tangențiale τ_s specifice răsucirii cu deplanare liberă, cu variație liniară pe grosimea fiecărui dreptunghi (fig. 4.6, *c*):

$$\tau_s=\frac{M_s}{I_r}\cdot t;$$

— tensiuni tangențiale τ_ω specifice răsucirii cu deplanare împiedicată și constante pe grosimea peretelui (fig. 4.6, *d*):

$$\tau_\omega=\frac{M_\omega S_\omega^0}{tI_\omega};$$

— tensiuni normale σ_ω specifice răsucirii cu deplanare împiedicată (fig. 4.6, *e*):

$$\sigma_\omega=\frac{B\cdot\omega}{I_\omega}.$$

Termenii din relațiile anterioare au următoarele semnificații:

M_s reprezintă momentul de răsucire simplă care se calculează ca la pct. 4.4.3 (fig. 4.6, *a*);

M_ω — momentul de încovoiere-răsucire care se calculează ca la pct. 4.4.3 (fig. 4.6, *a*);

B — bimomentul de încovoiere-răsucire care se calculează ca la pct. 4.4.3 (fig. 4.6, *a*);

I_r — momentul de inerție la răsucire simplă care se calculează ca în tabelul 4.1, *cazul c*;

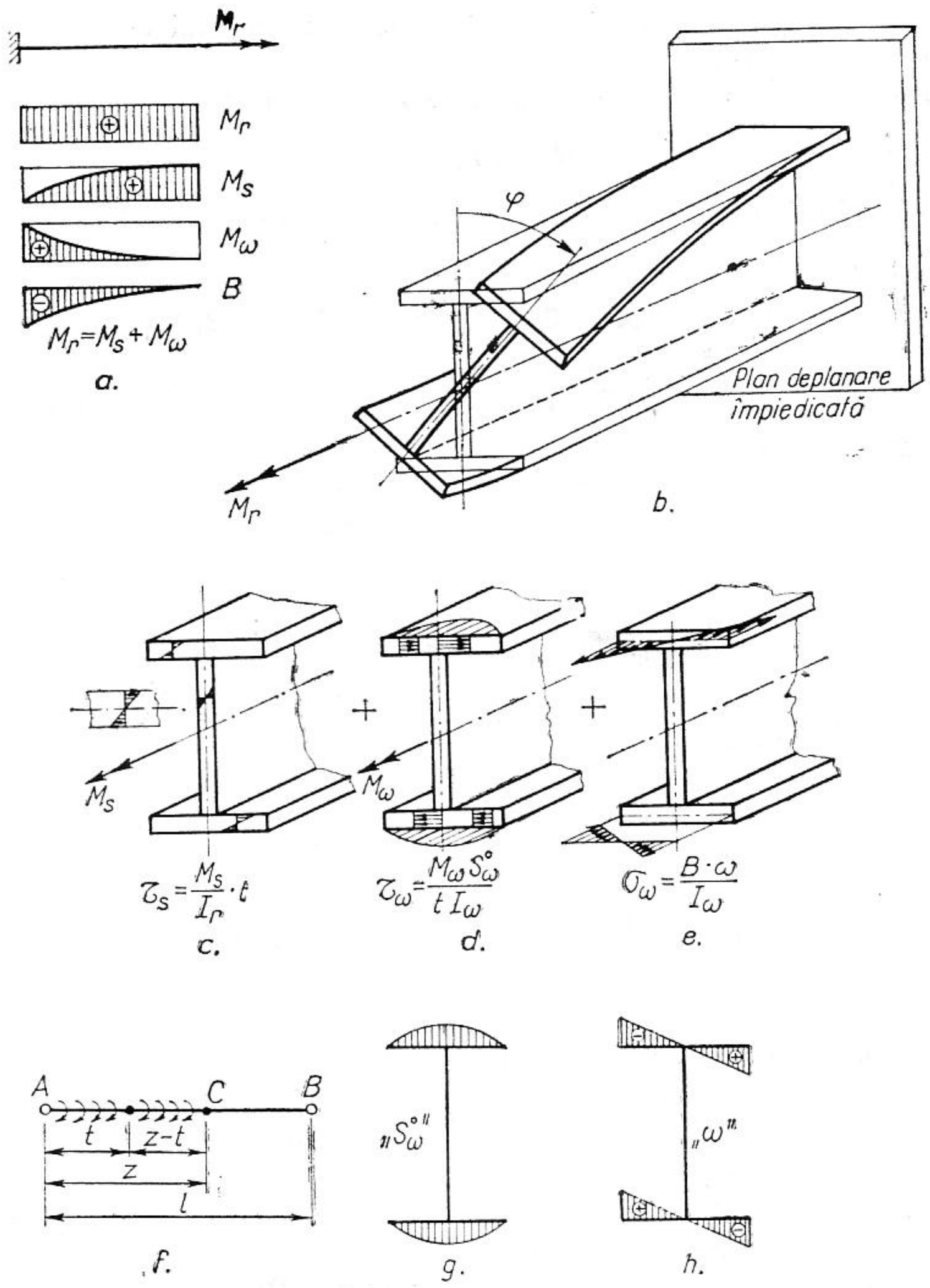


Fig. 4.6.

I_ω — momentul de inerție sectorial care se calculează ca la pct. 4.4.1.5;

S^0_ω — momentul static sectorial al unei părți din secțiune (de la originea arcelor la punctul în care se calculează τ_ω) care se stabilește ca la pct. 4.4.1.4;

ω — coordonata sectorială a punctului în care se calculează σ_ω și care se stabilește ca la pct. 4.4.1.1;

t — grosimea dreptunghiului în punctul în care se calculează tensiunile τ_s sau τ_ω.

Se reține următoarele aspecte:

— I_r, t, ω, S^0_ω, I_ω sînt caracteristici ale secțiunii;

— M_s, M_ω, B sînt caracteristici care se determină în funcție de legăturile barei, schema de încărcare, caracteristicile secțiunii;

— tensiunile τ_ω au o distribuție asemănătoare diagramei S^0_ω (fig. 4.6, *d*, *g*);

— tensiunile σ_ω au o distribuție asemănătoare diagramei ω (fig. 4.6, *e*, *h*) și se autoechilibrează pe secțiune;

— în fiecare secțiune din lungul barei se poate scrie:

$$M_r = M_s + M_\omega,$$

în care M_r reprezintă momentul de răsucire din secțiune (fig. 4.6, *a*).

4.4.3. CALCULUL CARACTERISTICILOR M_s, B, M_ω

Pentru stabilirea expresiilor B, M_ω, M_s se pornește de la ecuația diferențială a răsucirii împiedicate:

$$\varphi^{IV} - k^2 \varphi'' = -\frac{m_r}{EI_\omega},$$

în care:

$$k^2 = \frac{GI_r}{EI_\omega}; \qquad m_r = \frac{dM_r}{dz};$$

iar M_r reprezintă momentul de răsucire, variabil sau constant în lungul barei.

Soluția ecuației diferențiale este următoarea:

$$\varphi = \varphi_0 + \varphi_0' \frac{\operatorname{sh} kz}{k} + \frac{B_0}{GI_r}(1 - \operatorname{ch} kz) + \frac{M_{r0}}{kGI_r}(kz - \operatorname{sh} kz) +$$

$$+ \frac{1}{kGI_r} \int_0^z [k(z-t) - \operatorname{sh} k(z-t)] m_r(t)\, dt,$$

în care:

φ reprezintă unghiul de răsucire al secțiunii barei;

φ_0, φ_0', B_0, M_{ro} — parametrii într-un punct luat ca origine;

t — o variabilă auxiliară ca în figura 4.6, *f*.

Parametrii în origine se stabilesc din condițiile de rezemare:

— împiedicarea răsucirii în jurul axei barei este echivalentă cu $\varphi_0 = 0$;

— împiedicarea deplanării — $\varphi_0' = 0$ ($M_s = 0$);

— libertatea completă de deplanare — $\varphi_0'' = 0$ ($B_0 = 0$).

Pentru cazul rezemării tip „furcă" la ambele capete ale grinzii se scrie:

$$\varphi_0 = 0;\ \varphi_l = 0;\ \varphi_0'' = 0;\ \varphi_l'' = 0,$$

iar pentru rezemarea tip „încastrare" la ambele capete ale grinzii,

$$\varphi_0 = 0;\ \varphi_l = 0;\ \varphi_0' = 0;\ \varphi_l' = 0.$$

După determinarea funcției φ se scriu relațiile:

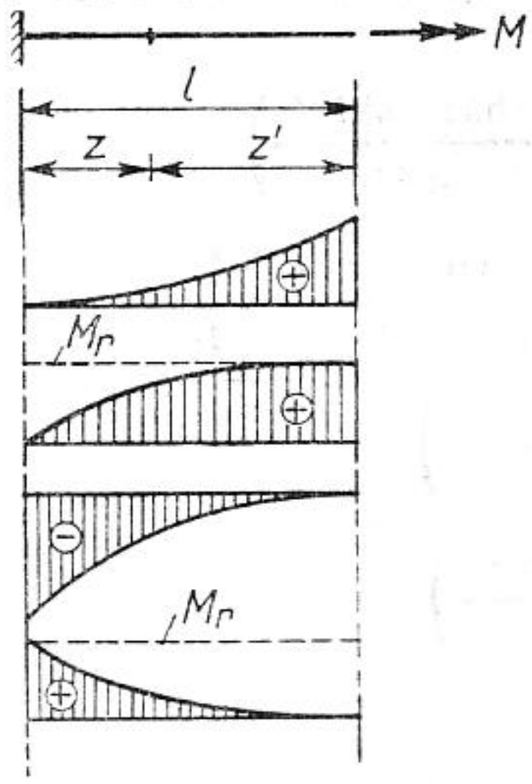
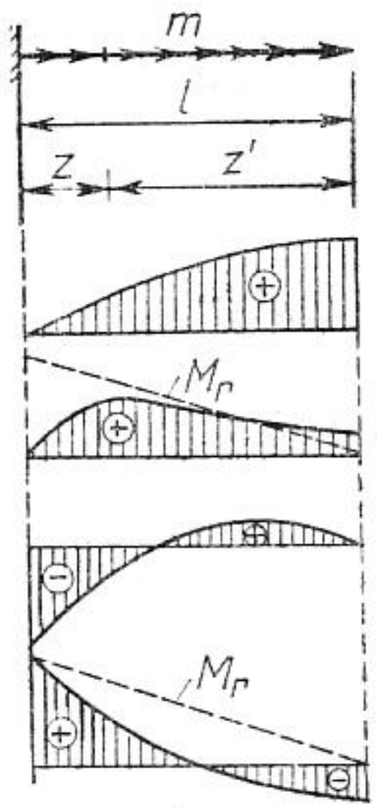
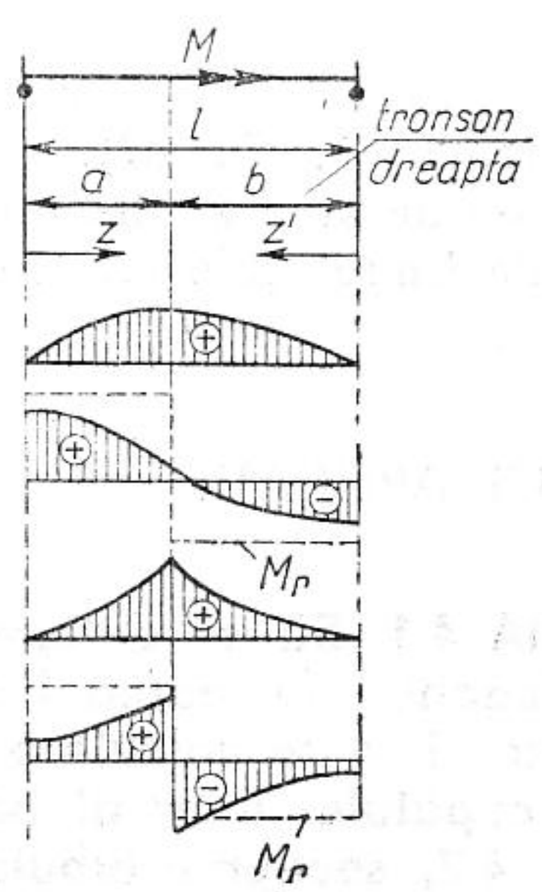
$$M_s = GI_r \varphi';\ B = -EI_\omega \varphi'';\ M_\omega = \frac{dB}{dz} = -EI_\omega \varphi'''.$$

În calcule se ține seama că:

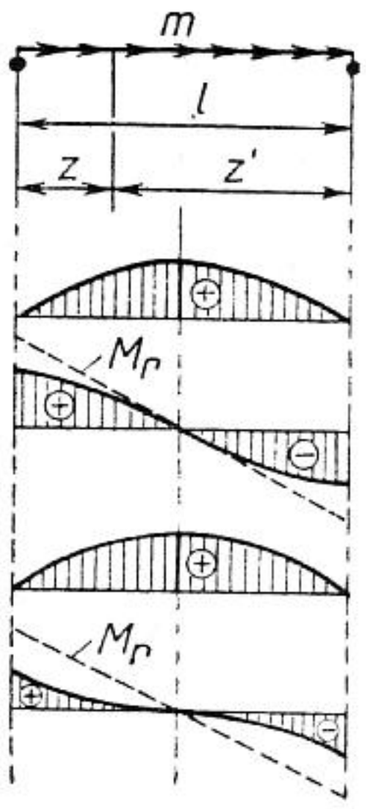
$$M_r = M_s + M_\omega;\ M_r = M_{r0} + \int_0^z m_r(t)\, dt.$$

În tabelul 4.3 sînt date diagramele și expresiile φ, B, M_ω, M_s pentru grinzi cu rezemări și încărcări mai des întîlnite.

Expresiile rotirii φ, ale momentului de răsucire simplă M_s, ale bimomentului B și ale momentului de încovoiere-răsucire M_ω*

Schema grinzii și diagramele φ, M_s, B, M_ω.	Expresiile caracteristicilor φ, M_s, B, M_ω.
1. 	Consolă acționată de un moment de răsucire concentrat M $\overline{EI_\omega}\varphi = \frac{M}{k^3}\left(kz - \frac{\mathrm{sh}kl - \mathrm{sh}kz'}{\mathrm{ch}kl}\right)$ $M_s = M\left(1 - \frac{\mathrm{ch}kz'}{\mathrm{ch}kl}\right)$ $B = \frac{M}{k}\left(-\frac{\mathrm{sh}kz'}{\mathrm{ch}kl}\right)$ $M_\omega = M\frac{\mathrm{ch}kz'}{\mathrm{ch}kl}$
2. 	Consolă acționată de moment de răsucire uniform distribuit, m $EI_\omega\varphi = \frac{m}{k^4}\left[k^2\left(lz - \frac{z^2}{2}\right) - kl\mathrm{sh}kz + \frac{(1+kl\mathrm{sh}kl)(\mathrm{ch}kz-1)}{\mathrm{ch}kl}\right]$ $M_s = \frac{m}{k}\left[kz' - kl\mathrm{ch}kz + \frac{(1+kl\mathrm{sh}kl)\mathrm{sh}kz}{\mathrm{ch}kl}\right]$ $B = \frac{m}{k^2}\left[1 + kl\mathrm{sh}kz - \frac{(1+kl\mathrm{sh}kl)\mathrm{ch}kz}{\mathrm{ch}kl}\right]$ $M_\omega = \frac{m}{k}\left[kl\mathrm{ch}kz - \frac{(1+kl\mathrm{sh}kl)\mathrm{sh}kz}{\mathrm{ch}kl}\right.$
3. 	Grindă cu rezemări tip „furcă“, acționată de un moment de răsucire concentrat *Tronson stinga* — *Tronson dreapta* $EI_\omega\varphi = \frac{M}{k^3}\left(\frac{b}{l}kz - \frac{\mathrm{sh}kb}{\mathrm{sh}kl}\cdot\mathrm{sh}kz\right)$ — $\frac{M}{k^3}\left(\frac{a}{l}kz' - \frac{\mathrm{sh}ka}{\mathrm{sh}kl}\cdot\mathrm{sh}kz'\right)$ $M_s = M\left(\frac{b}{\mathrm{sh}kl}\cdot\mathrm{ch}kz\right)$ — $M\left(-\frac{a}{l} + \frac{\mathrm{sh}ka}{\mathrm{sh}kl}\cdot\mathrm{ch}kz'\right.$ $B = \frac{M}{k}\cdot\frac{\mathrm{sh}\,kb}{\mathrm{sh}kl}\cdot\mathrm{sh}kz$ — $\frac{M}{k}\frac{\mathrm{sh}ka}{\mathrm{sh}kl}\cdot\mathrm{sh}kz'$ $M_\omega = M\frac{\mathrm{sh}kb}{\mathrm{sh}kl}\cdot\mathrm{ch}kz$ — $M\left(-\frac{\mathrm{sh}ka}{\mathrm{sh}kl}\cdot\mathrm{ch}kz'\right)$

Tabelul 4.3 (continuare)

Schema grinzii și diagramele φ, M_s, B, M_ω.	Expresiile caracteristicilor φ, M_s, B, M_ω
4. 	Grindă cu rezemări tip „furcă" acționată de momente de răsucire uniform distribuite, m $EI_\omega \varphi = \frac{m}{k^4}\left(\frac{k^2}{2} zz' - 1 + \frac{\mathrm{sh}kz + \mathrm{sh}kz'}{\mathrm{sh}kl}\right)$ $M_s = \frac{m}{k}\left[k\left(\frac{l}{2} - z\right) + \frac{\mathrm{ch}kz - \mathrm{ch}kz'}{\mathrm{sh}kl}\right]$ $B = \frac{m}{k^2}\left(1 - \frac{\mathrm{sh}kz + \mathrm{sh}kz'}{\mathrm{sh}kl}\right)$ $M_\omega = \frac{m}{k}\left(-\frac{\mathrm{ch}kz - \mathrm{ch}kz'}{\mathrm{sh}kl}\right)$

* *Observații*: $k^2 = \frac{GI_r}{EI_\omega}$; $M_s = GI_r\varphi'$; $B = -EI_\omega\varphi''$; $M_\omega = -EI_\omega\varphi'''$; $M_\omega = \frac{\mathrm{d}B}{\mathrm{d}z}$; $M_r = M_s + M_\omega$.

4.4.4. RELAȚII DE VERIFICARE

Tensiunile maxime rezultate din răsucirea cu deplanare împiedicată trebuie să fie mai mici decît rezistențele de calcul ale materialului:

$$\sigma_\omega^{max} = \frac{B}{I_\omega} \cdot \omega \leqslant R;$$

$$\tau_\omega^{max} = \frac{M_s}{I_r} \cdot t + \frac{M_\omega \cdot S_\omega^0}{tI_\omega} \leqslant R_f.$$

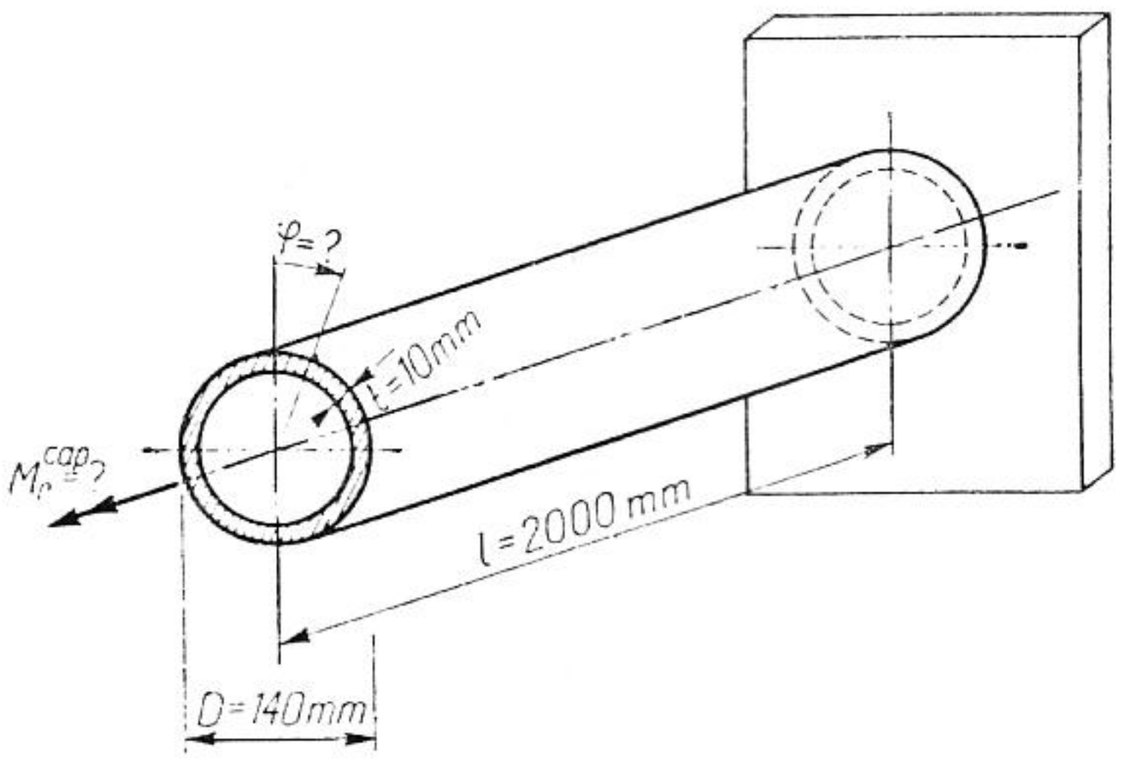


Fig. 4.7.

În cazul în care în secțiune sînt și alte eforturi (N, T, M), tensiunile date de acestea se însumează cu tensiunile din relațiile anterioare.

4.5. APLICAȚII

APLICAȚIA 4.1. Să se determine momentul capabil la starea limită de rezistență și să se calculeze rotirea φ a capătului liber al barei din figura 4.7, secțiune tubulară, oțel OLT 45.

Rezolvare (v. tab. 4.1.t, *cazul b, 2*)

1. Calculează momentul de inerție la răsucire:

$$I_r = 2\pi r^3 t.$$

2. Calculează momentul capabil la starea limită de rezistență:

$$M_r^{cap} = 2\pi r^2 t R_f.$$

3. Calculează rotirea φ a capătului liber:

$$\varphi = \frac{M_r}{GI_r} \cdot l.$$

1.

$$I_r = 2 \cdot 3{,}14 \cdot \left(\frac{14-1}{2}\right)^3 \cdot 1 = 1\,724{,}6 \text{ cm}^4.$$

2.

$$M_r^{cap} = 2 \cdot 3{,}14 \cdot \left(\frac{140-10}{2}\right)^2 \cdot 10 \cdot 145 =$$

$$= 38{,}47 \cdot 10^6 \text{ N mm} = 38{,}47 \text{ kNm}.$$

3.

$$\varphi = \frac{38{,}47 \cdot 10^6}{(0{,}81 \cdot 10^5) \cdot (1\,724{,}6 \cdot 10^4)} \cdot 2\,000 =$$

$$= 0{,}0551 \text{ radiani} = 3{,}16°.$$

APLICAȚIA 4.2. Să se compare capacitatea portantă, la starea limită de rezistență și la starea limită de deformație, a secțiunilor din figura 4.8 (secțiune inelară și secțiune inelară crestată); date numerice: r=90 mm; t=8 mm.

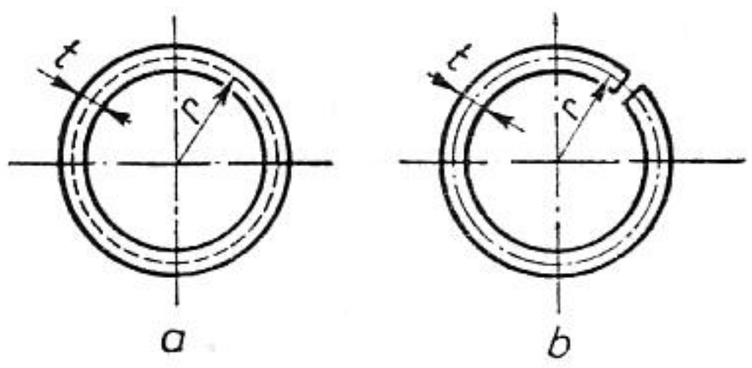


Fig. 4.8.

Rezolvare (v. tab. 4.1, *cazurile b, 2* și *c, 2*)

1. Calculează momentul capabil la starea limită de rezistență:
— în cazul secțiunii inelare (fig. 4.8, *a*):

$$M_r^a = 2\pi r^2 t R_f;$$

— în cazul secțiunii inelare crestate (fig. 4.8, *b*):

$$M_r^b = \frac{2}{3} \pi r t^2 R_f.$$

2. Calculează momentele capabile la starea limită de deformație:
— în cazul secțiunii inelare:

$$M_d^a = GI_r \cdot \theta_a = G \cdot 2\pi r^3 t \cdot \theta_a;$$

— în cazul secțiunii inelare crestate:

$$M_d^b = GI_r\theta_a = G \cdot \frac{2}{3} \pi r t^3 \cdot \theta_a$$

3. Efectuează comparația:

$$\frac{M_r^a}{M_r^b} = \frac{2\pi r^2 t R_f}{\frac{2}{3} \pi r t^2 R_f} = 3 \cdot \frac{r}{t} = 3 \cdot \frac{90}{8} = 33{,}75;$$

$$\frac{M_d^a}{M_d^b} = \frac{G \cdot 2\pi r^3 t \cdot \theta_a}{G \cdot \frac{2}{3} \pi r t^3 \cdot \theta_a} = 3 \cdot \frac{r^2}{t^2} = 3 \cdot \frac{90^2}{8^2} = 379{,}7.$$

Se observă că secțiunea închisă este mult mai rezistentă și mai rigidă decît secțiunea deschisă.

APLICAȚIA 4.3. Să se calculeze caracteristicile sectoriale ale secțiunii din figura 4.9, a.

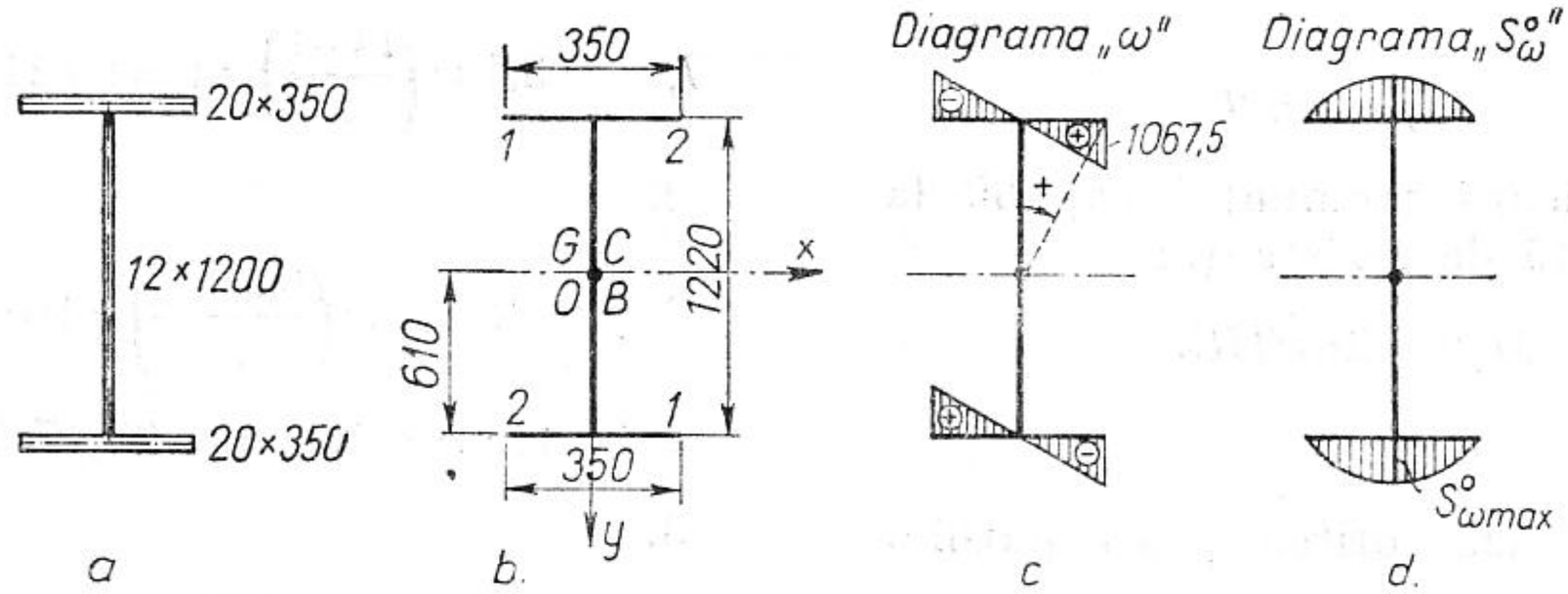


Fig. 4.9.

Rezolvare (v. schema 4.4)

Deoarece secțiunea are două axe de simetrie, centrul de răsucire C și punctul sectorial de zero principal B coincid cu centrul de greutate G (la intersecția axelor de simetrie, ca în figura 4.9, *b*).

1. Trasează diagrama coordonatelor sectoriale ω în raport cu raza vectoare de origine CB, C fiind polul sectoarelor (punctul fix):

$$\omega_I = \int_A r \cdot ds.$$

2. Calculează momentul static sectorial S^0_ω:

$$S^0_\omega = \int_A \omega \, dA = \int_0^s \omega \cdot t \cdot ds.$$

3. Calculează momentul de inerție sectorial:

$$I_\omega = \int_A \omega^2 \cdot dA = \int_A \omega \cdot \omega \cdot dA = \int \omega \cdot \omega \cdot t \cdot ds$$

1. Raza vectoare de origine coincide cu axa *oy*; se calculează coordonatele:

$$\omega_1 = -61 \cdot 17{,}5 = -1\,067{,}5 \text{ cm}^2;$$

$$\omega_2 = +61 \cdot 17{,}5 = +1\,067{,}5 \text{ cm}^2.$$

Se obține diagrama din figura 4.9, *c* (punctele de pe inima secțiunii au coordonate sectoriale egale cu zero).

2. Calculul se face pornind de la extremitățile tălpilor secțiunii, unde tensiunea tangențială este nulă; rezultă parabolele din figura 4.9, *d*; valoarea maximă $S^0_{\omega\,max}$ se obține în punctele de coordonată sectorială nulă:

$$S^0_{\omega\,max} = \int_0^{17{,}5} \omega t \, ds = t \int_0^{17{,}5} \omega \, ds =$$

$$= 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1\,067{,}5 \cdot 17{,}5 = 18\,681{,}25 \text{ cm}^4.$$

3. Pe porțiunile pe care grosimea t este constantă, diagrama ω se integrează prin ea însăși folosind regula Vereșceaghin și se însumează:

$$I_\omega = 4 \cdot 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1\,067{,}5 \cdot 17{,}5 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1\,067{,}5 = 53{,}18 \cdot 10^6 \text{ cm}^6.$$

Observație: valorile ω și I_ω se pot calcula și direct, folosind relațiile din tabelul 4.2.

APLICAȚIA 4.4. Să se calculeze caracteristicile sectoriale ale secțiunii din figura 4.10, a.

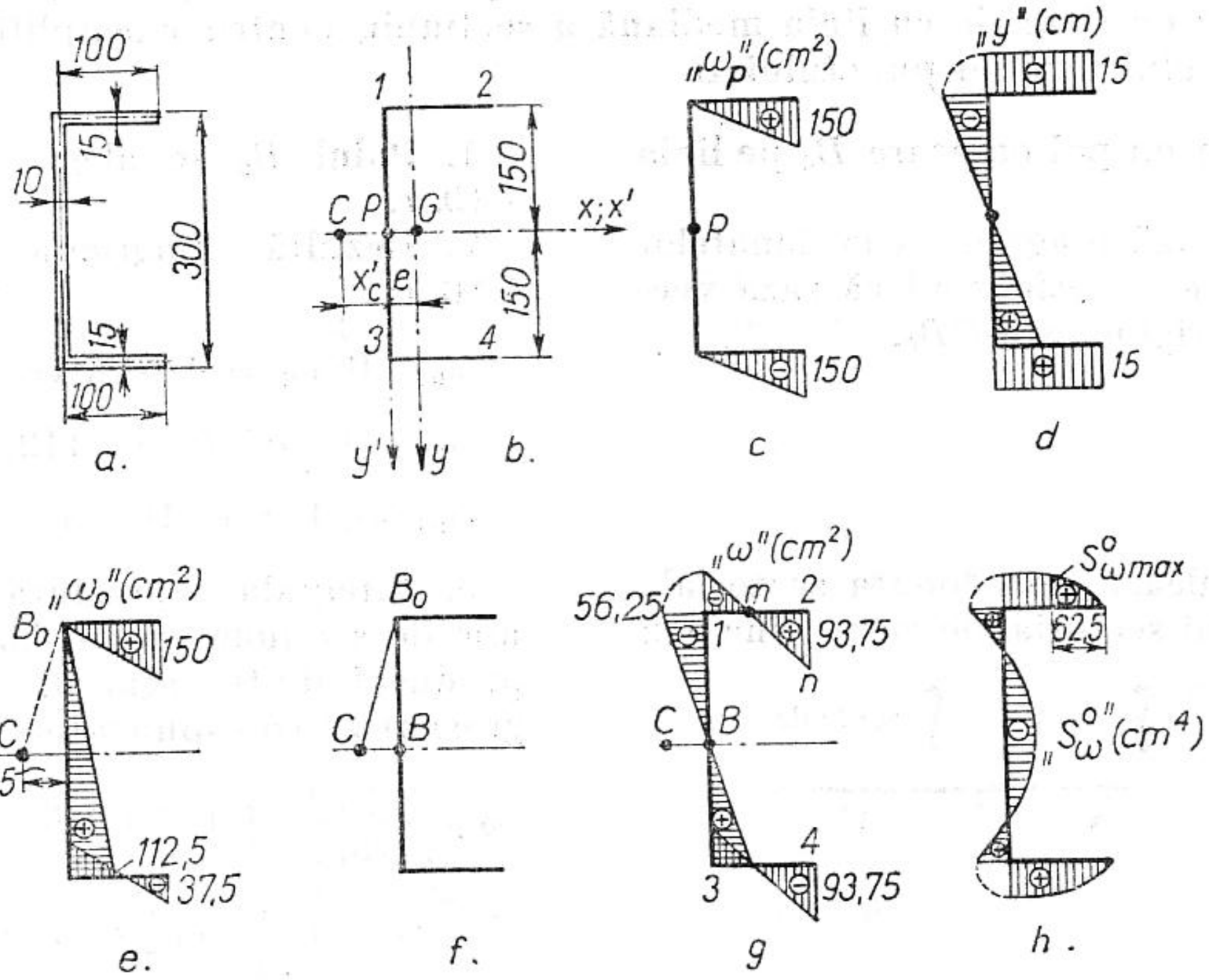


Fig. 4.10.

Rezolvare (v. schema 4.4)

a. *Calculul poziției centrului de răsucire, C*

Deoarece secțiunea are o axă de simetrie, centrul de răsucire se va afla pe această axă, deci va trebui calculată numai abscisa x'_c.

1. Calculează momentul de inerție I_x, față de axa principală centrală Gx (care este și axa de simetrie).

1.
$$I_x = \frac{1 \cdot 30^3}{12} + 2 \cdot 1{,}5 \cdot 10 \cdot 15^2 = 9\,000 \text{ cm}^4.$$

2. Alege un pol oarecare P și trasează sistemul de axe $x'Py'$, paralele cu xGy.

2. Se alege polul P ca în figura 4.10, *b*.

3. Trasează diagrama coordonatelor sectoriale ω_P și diagrama ordonatelor y.

3. Rezultă diagramele din figura 4.10, *c*, *d*:
$$|\omega_{P_2}| = |\omega_{P_3}| = 10 \cdot 15 = 150 \text{ cm}^2.$$

4. Calculează abscisa centrului de răsucire:

$$x'_c = \frac{\int_A \omega_P \cdot y \cdot dA}{I_x} = \frac{\int_s \omega_P \cdot y \cdot t \cdot ds}{I_x}.$$

4. Se integrează prin regula Vereșceaghin cele două diagrame și rezultă:

$$x'_c = -\frac{2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 150 \cdot 10 \cdot 15 \cdot 15}{9\,000} =$$

$$= -3{,}75 \text{ cm} = -37{,}5 \text{ mm}.$$

b. *Calculul poziției punctului sectorial de zero principal, B*

Deoarece secțiunea are o axă de simetrie, poziția acestui punct se află la intersecția axei de simetrie cu linia mediană a secțiunii; pentru exemplificare, se face totuși calculul poziției punctului B.

1. Alege un pol oarecare B_0 pe linia mediană.
2. Trasează diagrama coordonatelor sectoriale ω_0 considerînd că raza vectoare de origine este CB_0.

1. Polul B_0 se alege ca în figura 4.10, *e*.
2. Rezultă diagrama din figura 4.10, *e*:

$$\omega_{01}=0;\ \omega_{02}=+10\cdot 15=+150\ \text{cm}^2;$$

$$\omega_{03}=+30\cdot 3{,}75=+112{,}5\ \text{cm}^2;$$

$$\omega_{04}=+112{,}5-10\cdot 15=-37{,}5\ \text{cm}^2.$$

3. Calculează coordonata sectorială a punctului sectorial de zero principal:

$$\omega_B=\frac{\int\limits_A \omega_0\,dA}{A}=\frac{\int\limits_s \omega_0\cdot t\cdot ds}{A}$$

3. Integrala reprezintă, pe porțiunile de secțiune cu grosime constantă, produsul dintre aria diagramei ω_0 și grosimea t corespunzătoare:

$$\omega_B=\frac{1}{60}\left(\frac{1}{2}\cdot 150\cdot 10\cdot 1{,}5+\frac{1}{2}\cdot 112{,}5\cdot\right.$$

$$\cdot 30\cdot 1+\frac{1}{2}\cdot 112{,}5\cdot 10\cdot 1{,}5-\frac{1}{2}\cdot$$

$$\left.\cdot 37{,}5\cdot 10\cdot 1{,}5\right)=+56{,}25\ \text{cm}^2.$$

Se observă că punctul cel mai apropiat de C care are coordonata sectorială egală cu $+56{,}25$ se află la intersecția axei de simetrie cu linia mediană (fig. 4.10, *f*).

c. *Trasarea diagramei de coordonate sectoriale* ω

În raport cu raza sectoare de origine CB, rezultă diagrama din figura 4.10, *g*, în care:

$$\omega_1=-3{,}75\cdot 15=-56{,}25\ \text{cm}^2;$$

$$\omega_2=-56{,}25+10\cdot 15=+93{,}75\ \text{cm}^2;$$

$$\omega_3=-\omega_1=+56{,}25\ \text{cm}^2;$$

$$\omega_4=-\omega_2=-93{,}75\ \text{cm}^2.$$

d. *Calculul momentului static sectorial al unei părți din secțiune,* S^0_ω

$$S^0_\omega=\int\limits_A \omega\cdot dA=\int\limits_s \omega\cdot t\cdot ds.$$

Considerînd originea arcelor în punctul *2*, rezultă diagrama S^0_ω din figura 4.10, *h*. Momentul static sectorial maxim are valoarea:

$$S^0_{\omega\ max}=+\frac{1}{2}\cdot 93{,}75\cdot 6{,}25\cdot 1{,}5=439{,}45\ \text{cm}^4,$$

adică aria triunghiului *m2n* (fig. 4.10, *g*) înmulțită cu grosimea $t=1{,}5$ cm.

Valoarea $S^0_{\omega\,max}$ se realizează în punctul în care coordonata sectorială ω se anulează.

e. *Calculul momentului de inerție sectorial,* I_ω

$$I_\omega = \int_A \omega^2 \mathrm{d}A = \int_s \omega \cdot \omega \cdot t \cdot \mathrm{d}s.$$

Se observă că pe porțiunile de grosime constantă integrala se poate efectua prin regula Vereșceaghin (se integrează diagrama ω prin ea însăși și se înmulțește cu grosimea t corespunzătoare):

$$I_\omega = 2\left(\frac{1}{2} \cdot 93{,}75 \cdot 6{,}25 \cdot \frac{2}{3} \cdot 93{,}75 \cdot 1{,}5 + \frac{1}{2} \cdot 56{,}25 \cdot 3{,}75 \cdot \frac{2}{3} 56{,}25 \cdot 1{,}5 + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{2} \cdot 56{,}25 \cdot 15 \cdot \frac{2}{3} \cdot 56{,}25 \cdot 1{,}0 \right) = 98\,438 \ \mathrm{cm}^6.$$

Observație. Valorile x_c', ω, I_ω se pot obține și direct folosind relațiile din tabelul 4.2, *cazul 5*.

APLICAȚIA 4.5. Să se verifice la starea limită de rezistență grinda în consolă din figura 4.11, a; grinda are secțiunea din figura 4.11, b, oțel OL 37 și este solicitată de o forță P=5 kN aplicată excentric în capătul liber al consolei.

Rezolvare

1. Calculează caracteristicile geometrice ale secțiunii:

1.

— momentul de inerție I_x;

$$I_x = \frac{0{,}8 \cdot 20^3}{12} + 2 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 10{,}5^2 =$$

$$= 2\,738{,}3 \ \mathrm{cm}^4;$$

— poziția centrului de răsucire C;

— C se află la intersecția axelor de simetrie (fig. 4.11, *c*);

— poziția punctului sectorial de zero principal B;

— B se află la intersecția axelor de simetrie (fig. 4.11, *c*);

— diagrama coordonatelor sectoriale ω;

— rezultă diagrama din figura 4.11, *c*; coordonata sectorială maximă are valoarea:

$$\omega_{max} = \frac{10}{2} \cdot \frac{21}{2} = 52{,}5 \ \mathrm{cm}^2;$$

— momentul de inerție sectorial I_ω:

— prin integrarea diagramei ω rezultă:

$$I_\omega = \int_A \omega^2 \, \mathrm{d}A = \int_s \omega \cdot \omega \cdot t \cdot \mathrm{d}s$$

$$I_\omega = 4 \cdot \frac{1}{2} \cdot 52{,}5 \cdot 5\frac{2}{3} \cdot 52{,}5 \cdot 1 =$$

$$= 18\,375 \ \mathrm{cm}^6;$$

— diagrama momentelor statice sectoriale S^0_ω:

— prin integrarea diagramei ω rezultă diagrama din figura 4.11, *d*; momentul sectorial maxim are valoarea:

$$S^0_\omega = \int_A \omega \mathrm{d}A = \int_0^s \omega \cdot t \cdot \mathrm{d}s$$

$$S^{max}_\omega = \frac{1}{2} \cdot 52{,}5 \cdot 5 \cdot 1 = 131{,}25 \ \mathrm{cm}^4;$$

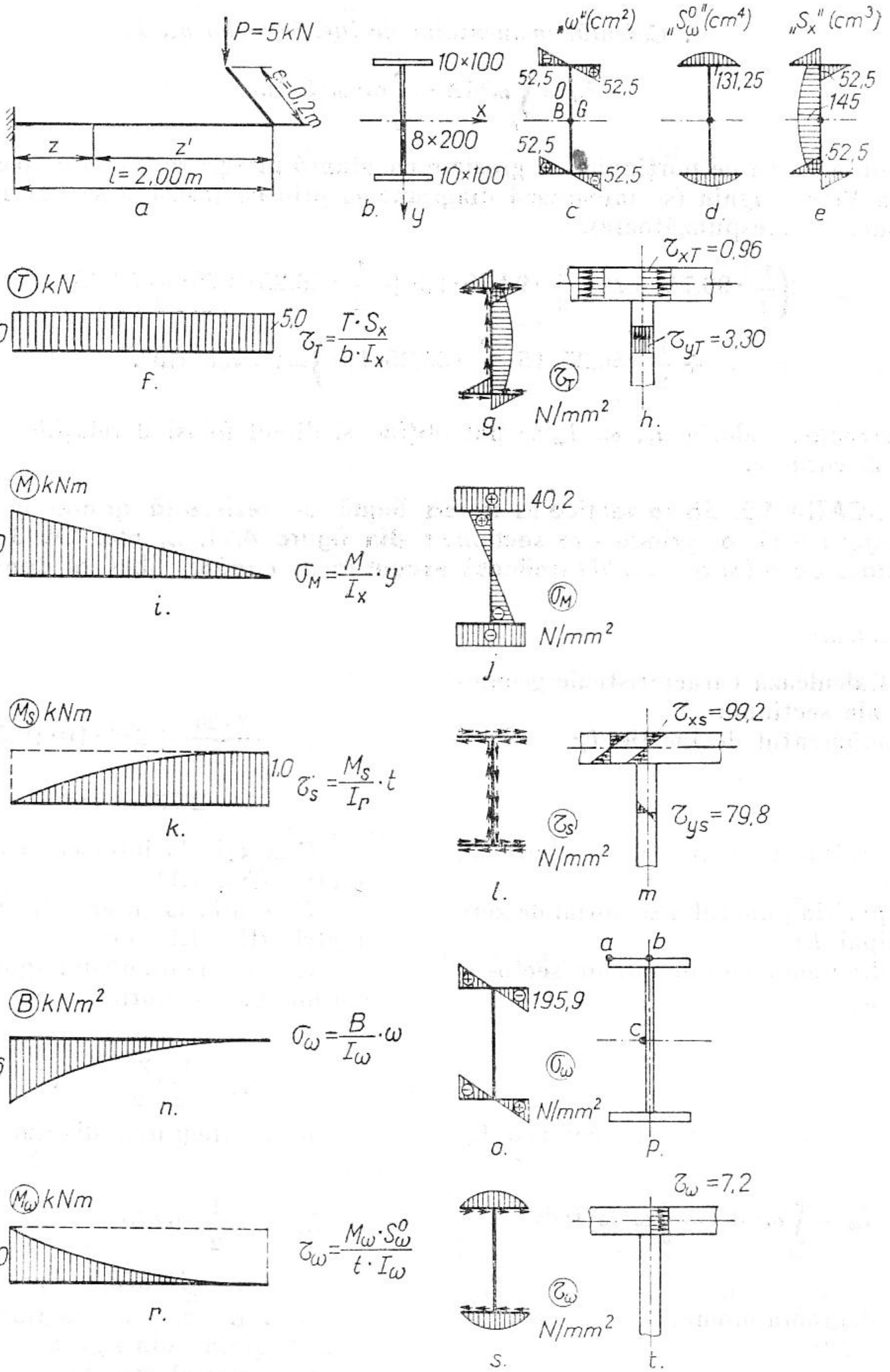

P=5kN
e=0,2m
z
z'
l=2,00m
a
10×100
8×200
10×100
x
y
b.
„ω"(cm²)
52,5
0
B
G
52,5
52,5
52,5
c
„S°ω"(cm⁴)
131,25
d.
„Sx" (cm³)
52,5
145
52,5
e
Ⓣ kN
5,0
5,0
$\tau_T = \frac{T \cdot S_x}{b \cdot I_x}$
f.
τ_{xT} =0,96
τ_{yT} =3,30
Ⓣ
N/mm²
g.
h.
Ⓜ kNm
10,0
$\sigma_M = \frac{M}{I_x} \cdot y$
i.
40,2
Ⓜ
N/mm²
j.
M_S kNm
1,0
$\tau_s = \frac{M_S}{I_r} \cdot t$
k.
τ_{xs}=99,2
τ_{ys}=79,8
Ⓢ
N/mm²
l.
m
Ⓑ kNm²
0,686
$\sigma_\omega = \frac{B}{I_\omega} \cdot \omega$
n.
a
b
195,9
c
Ⓢω
N/mm²
o.
p.
M_ω kNm
1,0
$\tau_\omega = \frac{M_\omega \cdot S^0_\omega}{t \cdot I_\omega}$
r.
τ_ω =7,2
Ⓣω
N/mm²
s.
t.

Fig. 4.11.

— diagrama momentelor statice S_x:

$$S_x = \int_A y \cdot \mathrm{d}A = \int_0^s y \cdot t \cdot \mathrm{d}s;$$

— momentul de inerție la răsucire I_r:

$$I_r = \frac{\alpha'}{3} \sum b_i t_i^3.$$

2. Calculează coeficientul:

$$k = \sqrt{\frac{G \cdot I_r}{E I_\omega}}.$$

3. Trasează diagramele de eforturi în lungul consolei:

— diagrama de forță tăietoare T;

— diagrama de moment încovoietor M;

— diagrama momentului de răsucire simplă M_s;

— diagrama bimomentului B;

— diagrama momentului de încovoiere-răsucire M_ω.

4. Calculează valorile maxime ale eforturilor

5. Verifică tensiunile maxime în secțiunea din încastrare:

— în punctul a (fig. 4.11, p):

$$\sigma_M = \frac{M}{I_x} \cdot y \leqslant R;$$

$$\sigma_\omega = \frac{B}{I_\omega} \cdot \omega \leqslant R;$$

— rezultă diagrama din figura 4.11, e și valorile maxime:
la mijlocul tălpilor,

$$S_x = 1 \cdot 5 \cdot 10{,}5 = 52{,}5 \text{ cm}^3;$$

la mijlocul inimii,

$$S_x = 1 \cdot 10 \cdot 10{,}5 + 0{,}8 \cdot 10 \cdot 5 = 145 \text{ cm}^3.$$

$$I_r = \frac{1}{3}(20 \cdot 0{,}8^3 + 2 \cdot 10 \cdot 1^3) = 10{,}08 \text{ cm}^4;$$

2.

$$k = \sqrt{\frac{0{,}81 \cdot 10^5 \cdot 10{,}08 \cdot 10^4}{2{,}1 \cdot 10^5 \cdot 18{,}375 \cdot 10^9}} = 0{,}145 \cdot 10^{-2} \text{ mm}^{-1}.$$

3. Folosind relațiile din tabelul 4.3, rezultă:

$$T = P;$$

$$M = 2P - P \cdot z;$$

$$M_s = P \cdot e \cdot \left(1 - \frac{\operatorname{ch} kz'}{\operatorname{ch} kl}\right);$$

$$B = \frac{Pe}{k}\left(-\frac{\operatorname{sh} kz'}{\operatorname{ch} kl}\right);$$

$$M_\omega = P \cdot e \cdot \frac{\operatorname{ch} kz'}{\operatorname{ch} kl}.$$

4. Rezultă valorile maxime:

— în încastrare,

$T = 5$ kN; $M_s = 0$;

$M = 5 \cdot 2 = 10$ kNm;

$B = \frac{5 \cdot 0{,}2}{1{,}45} \cdot \operatorname{th}(1{,}45 \cdot 2) = 0{,}686$ kNm^2;

$M_\omega = M_r = 5 \cdot 0{,}2 = 1{,}0$ kNm;

— în capătul liber:

$T = 5$ kN; $M = 0$;

$M_s = M_r = 5 \cdot 0{,}2 = 1{,}0$ kNm;

$B = 0$; $M_\omega = 0$.

5.

— în punctul a:

$$\sigma_M = \frac{10 \cdot 10^6}{2\,738{,}3 \cdot 10^4} \cdot 110 = 40{,}2 \text{ N/mm}^2;$$

$$\sigma_\omega = \frac{0{,}686 \cdot 10^9}{18\,375 \cdot 10^6} \cdot 52{,}5 \cdot 10^2 = 195{,}9 \text{ N/mm}^2;$$

$$\sigma = \sigma_M + \sigma_\omega \leqslant 1{,}1\ R;$$

$\sigma = 40{,}2 + 195{,}9 = 236{,}1$ N/mm²;

$R = 220$ N/mm²;

— în punctul *b*:

$$\tau_{xT} = \frac{T \cdot S_x}{b \cdot I_x};$$

$$\tau_{xT} = \frac{5 \cdot 10^3 \cdot 52{,}5 \cdot 10^3}{10 \cdot 2\,738{,}3 \cdot 10^4} = 0{,}96 \text{ N/mm}^2;$$

$$\tau_\omega = \frac{M_\omega \cdot S_\omega}{t \cdot I_\omega};$$

$$\tau_\omega = \frac{1{,}0 \cdot 10^6 \cdot 131{,}25 \cdot 10^4}{10 \cdot 18\,375 \cdot 10^6} = 7{,}2 \text{ N/mm}^2;$$

$$\tau = \tau_{xT} + \tau_\omega \leqslant R_f.$$

$\tau = 0{,}96 + 7{,}2 = 8{,}16$ N/mm²;

$R_f = 130$ N/mm².

6. Verifică tensiunile tangențiale în capătul liber al cónsolei:

6.

— în punctul *b* (fig. 4.11, *p*):

— în punctul *b*:

$$\tau_{xs} = \frac{M_s}{I_r} \cdot t;$$

$$\tau_{xs} = \frac{1{,}0 \cdot 10^6}{10{,}08 \cdot 10^4} \cdot 10 = 99{,}2 \text{ N/mm}^2;$$

$$\tau_{xT} = \frac{T \cdot S_x}{b \cdot I_x};$$

$\tau_{xT} = 9{,}6$ N/mm²;

$$\tau = \tau_{xs} + \tau_{xT} \leqslant R_f;$$

$\tau = 99{,}2 + 9{,}6 = 108{,}8$ N/mm²;

$R_f = 130$ N/mm²;

— în punctul *c*:

— în punctul *c*:

$$\tau_{ys} = \frac{M_s}{I_r} \cdot t;$$

$$\tau_{ys} = \frac{1{,}0 \cdot 10^6}{10{,}08 \cdot 10^4} \cdot 8 = 79{,}8 \text{ N/mm}^2;$$

$$\tau_{yT} = \frac{T \cdot S_x}{b \cdot I_x};$$

$$\tau_{yT} = \frac{5 \cdot 10^3 \cdot 145 \cdot 10^3}{8 \cdot 2\,738{,}3 \cdot 10^4} = 3{,}3 \text{ N/mm}^2;$$

$$\tau = \tau_{ys} + \tau_{yT} \leqslant R_f.$$

$\tau = 79{,}8 + 3{,}3 = 83{,}1$ N/mm².

CAPITOLUL 5

BARE SOLICITATE LA COMPRESIUNE

5.1. GENERALITĂȚI

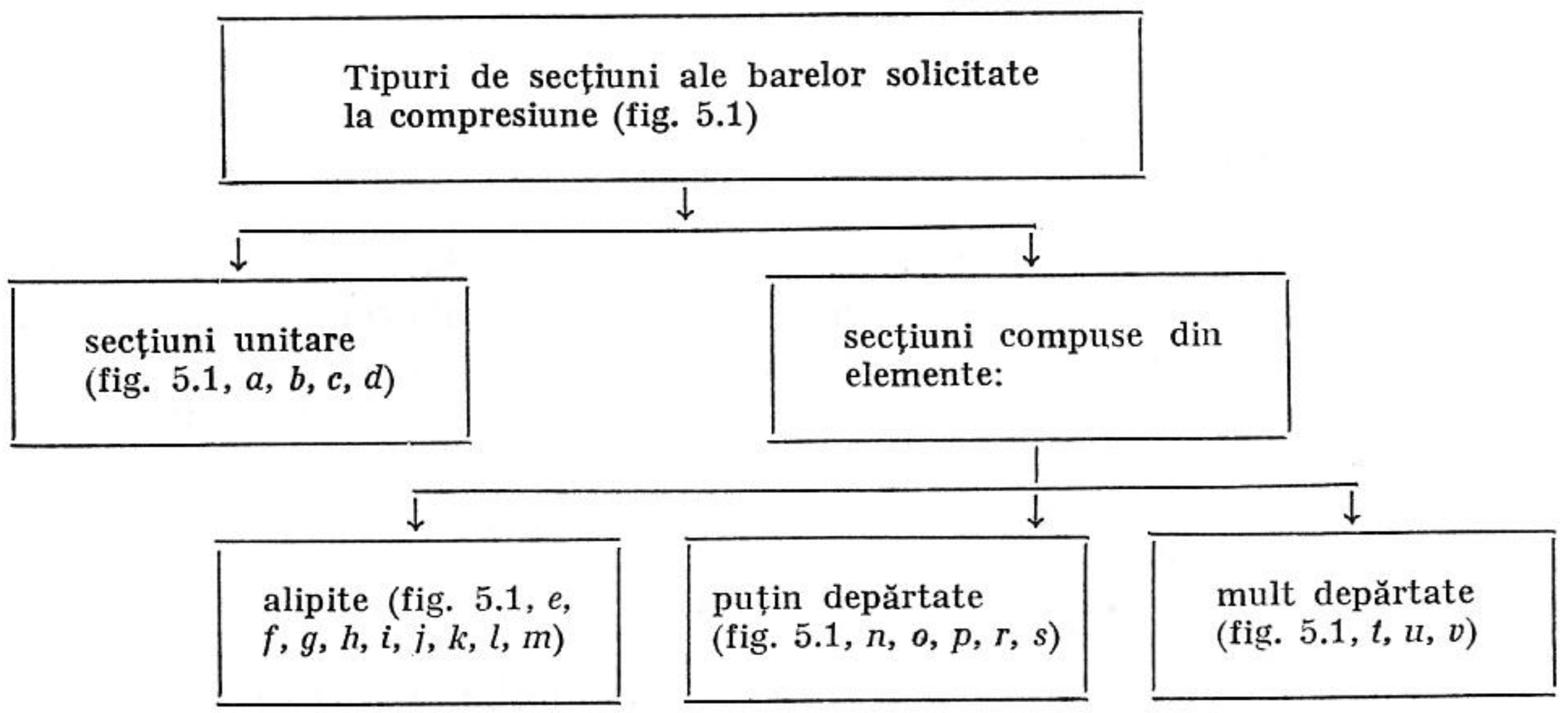
În construcții metalice se întîlnesc frecvent bare solicitate la compresiune: unele diagonale ale grinzilor cu zăbrele, tălpile superioare ale grinzilor cu zăbrele simplu rezemate, stîlpi, barele contravîntuirilor etc.

Valorile ridicate ale caracteristicilor mecanice ale oțelurilor permit realizarea unor bare care prezintă dimensiuni relativ mici ale secțiunii transversale în raport cu lungimea; din această cauză capacitatea portantă a barelor din oțel este determinată de fenomenul de pierdere a stabilității.

5.2. TIPURI DE SECȚIUNI

Secțiunile barelor cu efort axial de compresiune au diferite alcătuiri în funcție de valoarea solicitării și tipul elementului de construcție din care fac parte. În schema 5.1 și figura 5.1 sînt clasificate și exemplificate secțiuni ale barelor com primate.

Schema 5.1



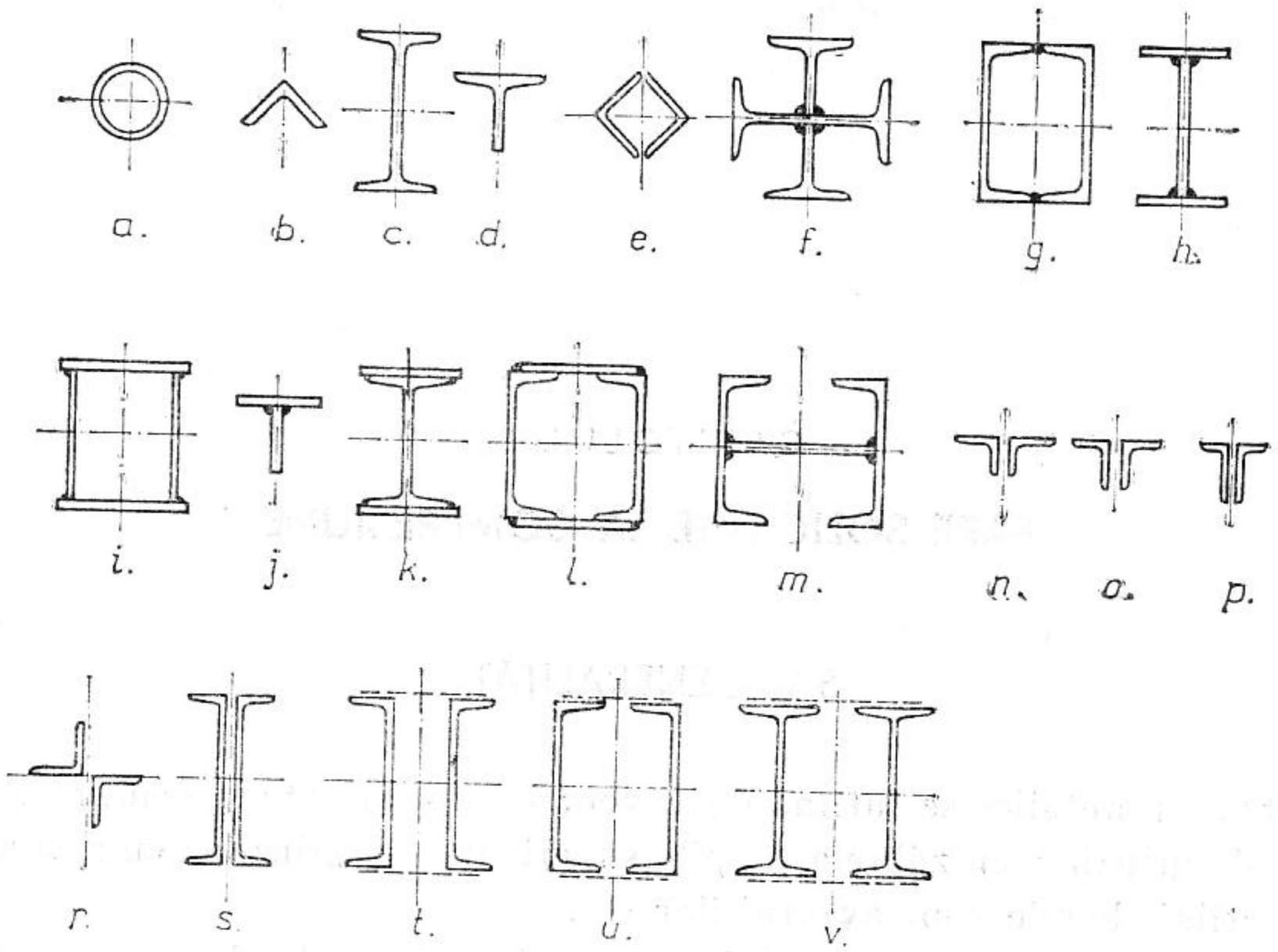


Fig. 5.1.

5.3. FENOMENUL DE PIERDERE A STABILITĂȚII

Studiul stabilității barei comprimate — fenomen foarte complex — a evoluat în decursul timpului în sensul cuprinderii în calcule a unui număr cît mai mare de parametri de care depinde în mod real capacitatea portantă a barei; STAS 10108/0-78 ține seama de progresele realizate în acest domeniu. Astfel, printre altele, sînt luate în considerare formele prin care își pierde stabilitatea o bară supusă la compresiune axială: flambaj prin încovoiere, prin încovoiere-răsucire și prin răsucire.

Un alt element nou, introdus în standard, se referă la valorile coeficienților φ pentru barele comprimate axial. Aspectele teoretice ale flambajului barelor comprimate axial, tratate pentru bare ideale, sînt rezolvate de foarte multă vreme. În cazurile întîlnite în practică interesează flambajul barelor reale, așa cum sînt în construcții, cu imperfecțiuni inevitabile de dimensiuni, de structură, de centrare a forțelor, de liniaritate și altele. În metoda rezistențelor admisibile aceste inconveniente produse de neconcordanța între bara reală și cea teoretică perfectă erau corectate prin folosirea unor coeficienți de siguranță variabili, reflectați în coeficientul φ.

Valorile coeficienților φ din STAS 10108/0-78 au la bază rezultatele cercetărilor teoretice și experimentale efectuate de Convenția Europeană pentru Construcții metalice pe un număr foarte mare de bare reale. Urmare a acestor studii și cercetări au fost stabilite prin prelucrare statistică rezistențele critice de flambaj în funcție de următorii parametri:

— limita de curgere R_c;
— forma secțiunii;
— influența tensiunilor interne generate de tehnologia de fabricare a barei (laminare, sudare);
— modul de producere a fenomenului de flambaj și altele.

Acești parametri se reflectă în valorile φ obținute pentru trei curbe fundamentale de flambaj A, B, C (fig. 5.2). Astfel,

$$\varphi = \frac{\sigma_{cr}}{R_c},$$

în care: σ_{cr}, determinat pe cale teoretico-experimentală, reflectă parametrii enumerați mai sus, iar R_c este limita de curgere a oțelului.

În anexa 3, tabelele 3.38 ... 3.41 sînt date valorile coeficienților φ.

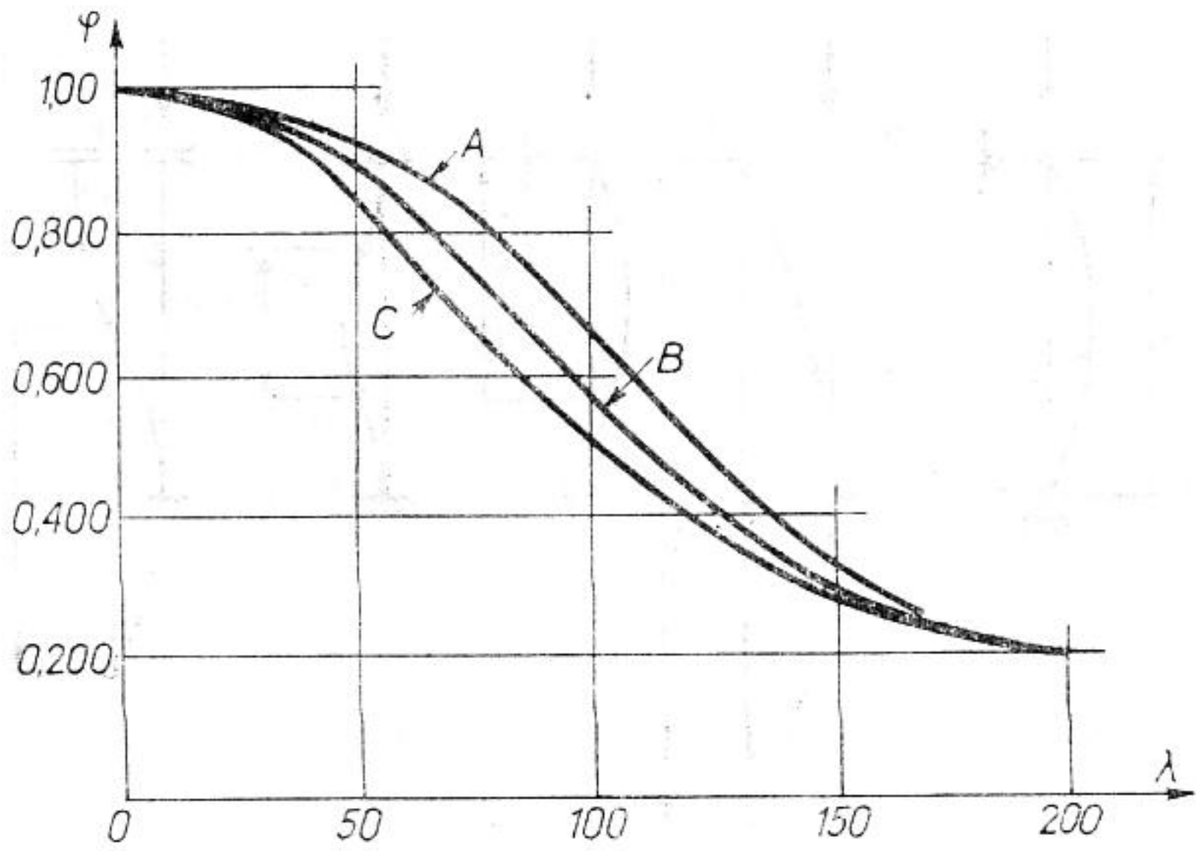


Fig. 5.2.

Expresia analitică condensată a coeficienților de flambaj, care a fost preluată și de STAS 10108/0-78, obținută prin modelare matematică, este următoarea:

$$\varphi = \frac{1}{(a+b\bar{\lambda}^2)+\sqrt{(a+b\bar{\lambda}^2)^2-c\bar{\lambda}^2}},$$

unde:

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_E}; \quad \bar{\lambda} = \frac{l_f}{i}; \quad \lambda_E = \pi\sqrt{\frac{E}{R_c}};$$

l_f reprezintă lungimea de flambaj a barei;
i — raza de inerție a secțiunii;
E — modulul de elasticitate al oțelului;
R_c — limita de curgere a oțelului;
a, b, c — au valorile din tabelul 5.1.

Tabelul 5.1

	A	*B*	*C*
a	0,5	0,5	0,5
b	0,514	0,554	0,532
c	0,795	0,738	0,377

5.4. LUNGIMI DE FLAMBAJ

Lungimile de flambaj ale barelor cu legături perfecte la capete, efort axial constant și secțiune constantă sînt indicate în figura 5.3.

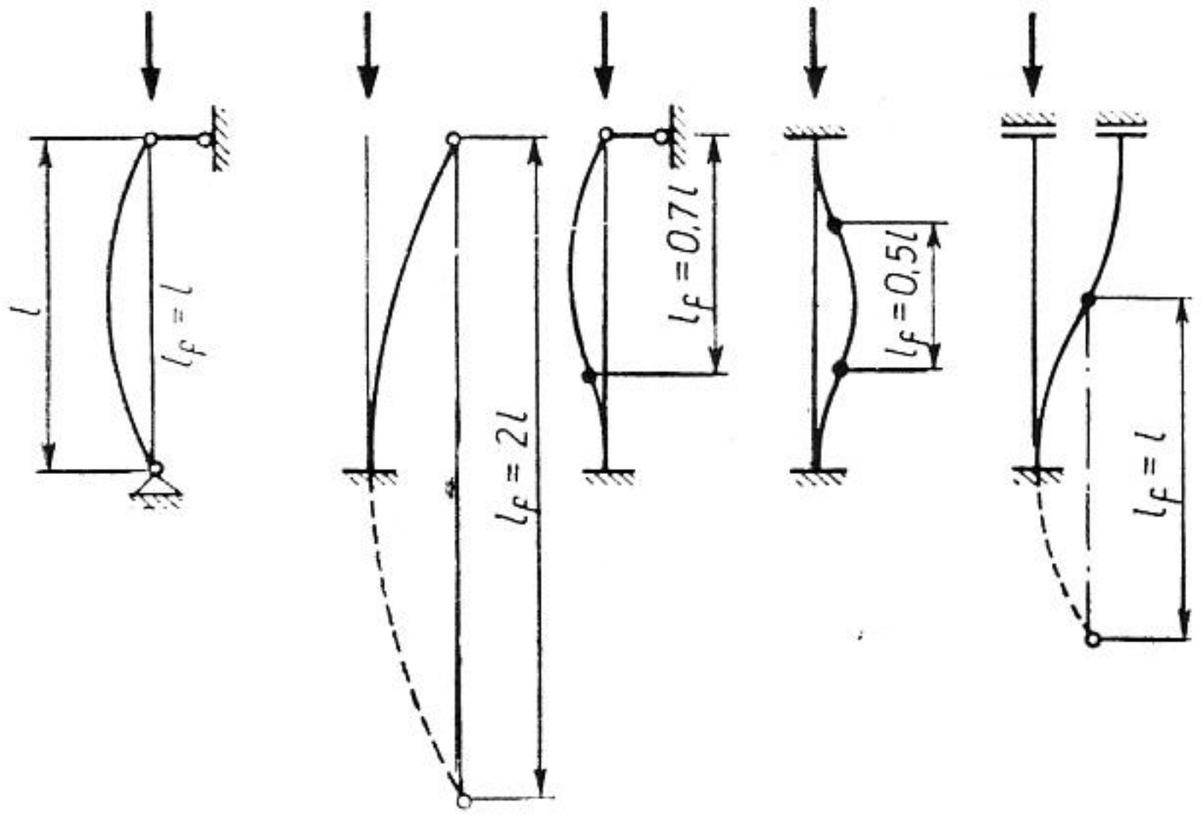


Fig. 5.3.

Lungimile de flambaj ale barelor reale sînt indicate în anexa 3, tabelele 3.11 . . .3.21.

5.5. VERIFICARE

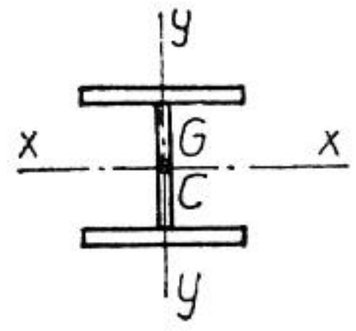
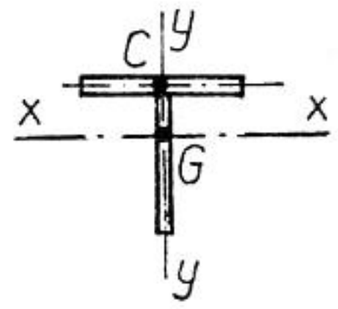
Teoretic, barele comprimate își pot pierde stabilitatea, în funcție de tipul secțiunii, în următoarele moduri:

— prin încovoiere, în cazul secțiunilor al căror centru de greutate G coincide cu centrul de răsucire C;

— prin încovoiere-răsucire, în cazul secțiunilor al căror centru de greutate nu coincide cu centrul de răsucire (secțiuni T, U, I nesimetric).

În tabelul 5.2 sînt exemplificate modurile de pierdere a stabilității în funcție de tipul secțiunii și planul în care este posibilă pierderea stabilității.

Tabelul 5.2

Tipul secțiunii	Modul de pierdere a stabilității în planul	
	$x - x$	$y - y$
	încovoiere	încovoiere
	încovoiere-răsucire	încovoiere

5.5.1. VERIFICAREA BARELOR CU SECȚIUNE PLINĂ SAU COMPUSĂ DIN ELEMENTE PUȚIN DEPĂRTATE, CARE ÎȘI PIERD STABILITATEA PRIN ÎNCOVOIERE

Verificarea se face cu relația:

$$\frac{N}{\varphi A} \leqslant R,$$

în care:

N este efortul axial de calcul;

φ — coeficientul minim de flambaj al barei care se ia din anexa 3, tabelele 3.39 . . . 3.41 conform indicațiilor din tabelul 3.38;

A — aria secțiunii brute a barei;
R — rezistența de calcul a oțelului.

Dacă efortul axial N este variabil în lungul barei, se admite să se folosească aceeași relație cu următoarele observații:

— lungimea de flambaj se corectează ca în anexa 3, tabelul 3.11;

— efortul axial N se ia cu valoarea maximă.

Verificarea barelor cu secțiune compusă din elemente puțin depărtate solidarizate cu plăcuțe se face cu aceeași relație dacă sînt îndeplinite condițiile:

— elementele secțiunii se solidarizează cu plăcuțe la distanța $l_1 \leqslant 40\, i_1$; i_1 este raza de inerție a unui singur element în raport cu axa proprie $1-1$ paralelă cu planul plăcuței (fig. 5.6, *c*);

— pe lungimea barei sînt cel puțin două plăcuțe de solidarizare.

Succesiunea operațiilor necesare verificării unei bare cu secțiune plină, care își pierde stabilitatea prin încovoiere este indicată în schema 5.2.

Schema 5.2

Verificarea barelor cu secțiune plină sau compusă din elemente puțin depărtate care își pierd stabilitatea prin încovoiere

↓

1. Elemente cunoscute:
   — efortul axial de calcul N
   — marca oțelului folosit R (anexa 3, tab. 3.5)
   — secțiunea barei;
   — lungimea barei;
   — legăturile barei la capete

↓

2. Calculează aria secțiunii brute a barei A

↓

3. Calculează razele de inerție i_x, i_y, față de axele principale centrale ale secțiunii

↓

4. Calculează lungimile de flambaj ale barei l_{fx}, l_{fy}

↓

5. Calculează coeficienții de zvelțețe: (anexa 3, tab. 3.22)

$$\lambda_x = \frac{l_{fx}}{i_x} \leqslant \lambda_a; \quad \lambda_y = \frac{l_{fy}}{i_y} \leqslant \lambda_a$$

↓

6. Stabilește coeficienții de flambaj în funcție de curba de încadrare a secțiunii (anexa 3, tab. 3.38), coeficientul de zvelțețe și marca oțelului (anexa 3, tab. 3.39 . . . 3.41):

$$\lambda_x \xrightarrow[\text{oțel . . .}]{\text{curba . . .}} \varphi_x$$

$$\lambda_y \xrightarrow[\text{oțel . . .}]{\text{curba . . .}} \varphi_y$$

↓

Schema 5.2 (continuare)

↓

7. Stabilește coeficientul minim de flambaj:

$$\varphi = min(\varphi_x;\ \varphi_y)$$

↓

8. Verifică îndeplinirea condiției de stabilitate:

$$\frac{N}{\varphi \cdot A} \leqslant R$$

↓

9. Verifică stabilitatea locală (v. pct. 5.5.4)

5.5.2. VERIFICAREA BARELOR CU SECȚIUNE PLINĂ CARE ȘI PIERD STABILITATEA PRIN ÎNCOVOIERE-RĂSUCIRE

Verificarea se face cu aceeași relație ca la barele care își pierd stabilitatea prin încovoiere ($N/\varphi A \leqslant R$) cu următoarele particularități față de schema 5.2:

— *operația 5*: se calculează în afară de λ_x și λ_y și o valoare corectată λ_{ytr} a coeficientului de zvelțețe pentru pierderea stabilității prin încovoiere-răsucire în planul perpendicular pe planul de simetrie (vezi *cazul 2* din tabelul 5.2);

— *operația 6*: se stabilește, în afară de φ_x, φ_y și un coeficient φ_{ytr} în funcție de λ_{ytr} pe curba de flambaj B;

— *operația 7*: $\varphi = min\ (\varphi_x;\ \varphi_y;\ \varphi_{ytr})$.

Succesiunea operațiilor necesare verificării unei bare cu secțiunea plină care își pierde stabilitatea prin încovoiere-răsucire este indicată în schema 5.3; notațiile sînt cele din figura 5.4.

În schema 5.3:

y_c reprezintă poziția centrului de răsucire în raport cu centrul de greutate (v. anexa 3, tab. 3.42);

I_x, I_y — momentele de inerție ale secțiunii în raport cu axa $x-x$, respectiv $y-y$;

I_r — moment de inerție la răsucire;

I_ω — moment de inerție sectorial (v. anexa 3, tab. 3.42);

l_0 — distanța între punctele în care este împiedicată constructiv răsucirea barei în jurul axei longitudinale;

μ — coeficient care multiplică lungimea barei în funcție de gradul de încastrare la capete;

μ_0 — coeficient care ține seama de gradul de împiedicare a deplanării secțiunii barei.

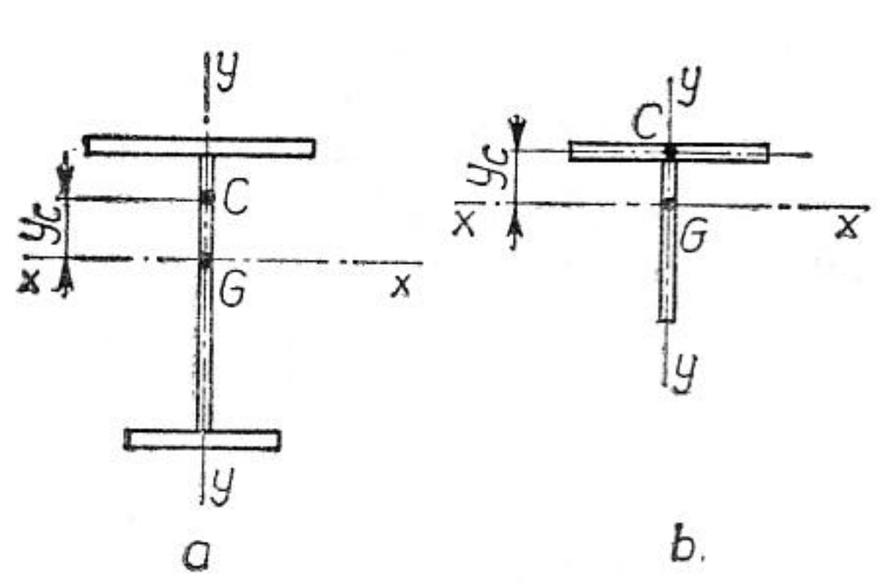


Fig. 5.4.

Valorile coeficienților μ și μ_0 (în cazurile curente, în practică $\mu = \mu_0$) se iau:

— 1,00 în cazul legăturilor articulate la capete, răsturnarea barei fiind împiedicată, deplanarea secțiunii fiind liberă;

— 0,50 cînd bara este încastrată la ambele capete pentru încovoiere și deplanarea la răsucire este împiedicată:

— 0,70 cînd bara este încastrată la un capăt și articulată la altul pentru încovoiere, respectiv deplanarea este împiedicată la un capăt și liberă la altul;

— pentru legături intermediare se pot lua valori pentru μ și μ_0 între 0,50 și 1,0.

Pentru secțiunea din figura 5.4, *b* neglijînd I_ω și considerînd $\mu = \mu_0 = 1$, $l_0 = l$, rezultă:

$$c^2 = \frac{0{,}039 l^2 I_r}{I_y};$$

$$\gamma_2 = \sqrt{\frac{c^2 + i_c^2}{2c^2}\left[1 + \sqrt{1 - \frac{4c^2 i_p^2}{(c^2 + i_c^2)^2}}\right]}.$$

Schema 5.3

Verificarea barelor cu secțiune plină care își pierd stabilitatea prin încovoiere-răsucire

↓

1. Elemente cunoscute:
   - efortul axial de calcul N;
   - marca oțelului folosit R;
   - secțiunea barei;
   - lungimea barei l;
   - legăturile barei la capete și cele intermediare

↓

2. Calculează caracteristicile secțiunii A, poziția centrului de greutate y_g, poziția centrului de răsucire y_c, I_x, I_y, I_r, I_ω

↓

3. Calculează razele de inerție:

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$$i_p = \sqrt{i_x^2 + i_y^2}$$

$$i_c = \sqrt{i_p^2 + y_c^2}$$

↓

4. Calculează coeficientul:

$$c^2 = \frac{I_\omega (\mu l)^2 / (\mu_0 l_0)^2 + 0{,}039 (\mu l)^2 I_r}{I_y}$$

5. Calculează coeficienţii de zvelteţe:

$$\lambda_x = \frac{l_{fx}}{i_x} = \frac{\mu_x l}{i_x} \leqslant \lambda_a \text{ (anexa 3, tab. 3.22)}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{fy}}{i_y} = \frac{\mu_y l}{i_y} \leqslant \lambda_a$$

$$\gamma_2 = \sqrt{\frac{c^2 + i_c^2}{2c^2}\left[1 + \sqrt{1 - \frac{4c^2 [i_p^2 + 0{,}093(\mu^2/\mu_0^2 - 1) y_c^2]}{(c^2 + i_c^2)^2}}\right]}$$

$$\lambda_{ytr} = \gamma_2 \cdot \lambda_y$$

6. Stabileşte coeficienţii de flambaj:

$$\lambda_x \xrightarrow[\text{oţel} \ldots]{\text{curba} \ldots} \varphi_x$$

$$\lambda_y \xrightarrow[\text{oţel} \ldots]{\text{curba} \ldots} \varphi_y$$

$$\lambda_{ytr} \xrightarrow[\text{oţel} \ldots]{\text{curba } B \ldots} \varphi_{ytr}$$

7. Stabileşte coeficientul minim de flambaj:

$$\varphi = min\ (\varphi_x;\ \varphi_y;\ \varphi_{ytr})$$

8. Verifică îndeplinirea condiţiei de stabilitate:

$$\frac{N}{\varphi A} \leqslant R$$

9. Verifică stabilitatea locală (v. pct. 5.5.4)

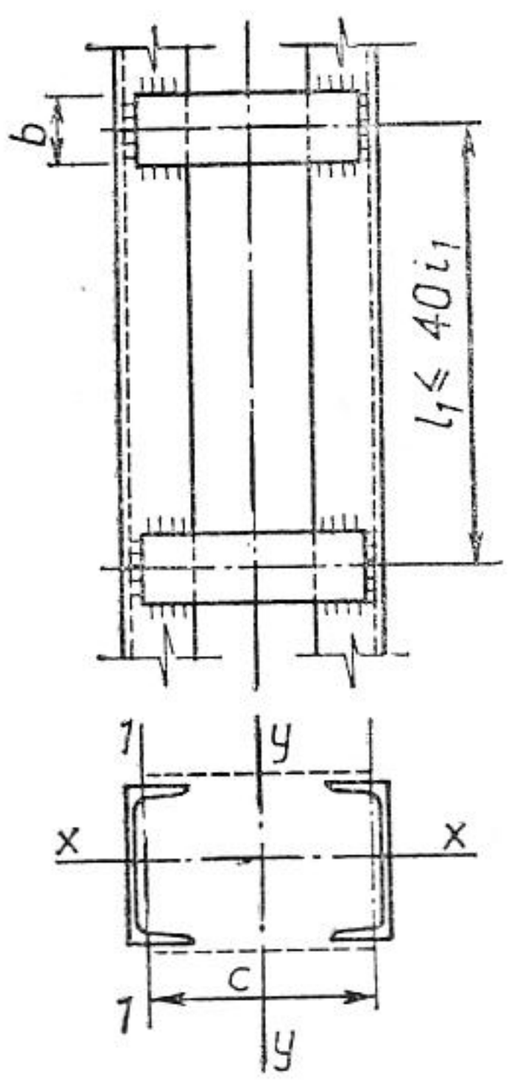
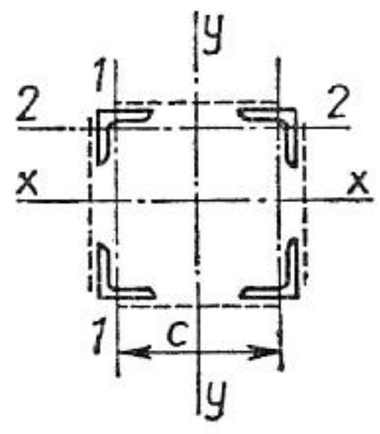
5.5.3. VERIFICAREA BARELOR CU SECȚIUNE COMPUSĂ DIN ELEMENTE MULT DEPĂRTATE SOLIDARIZATE CU PLĂCUȚE SAU ZĂBRELUȚE

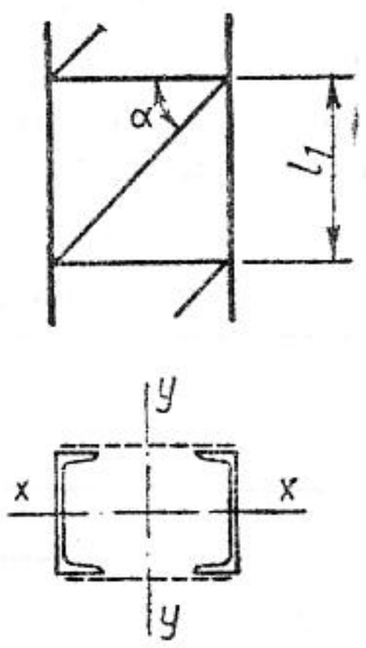
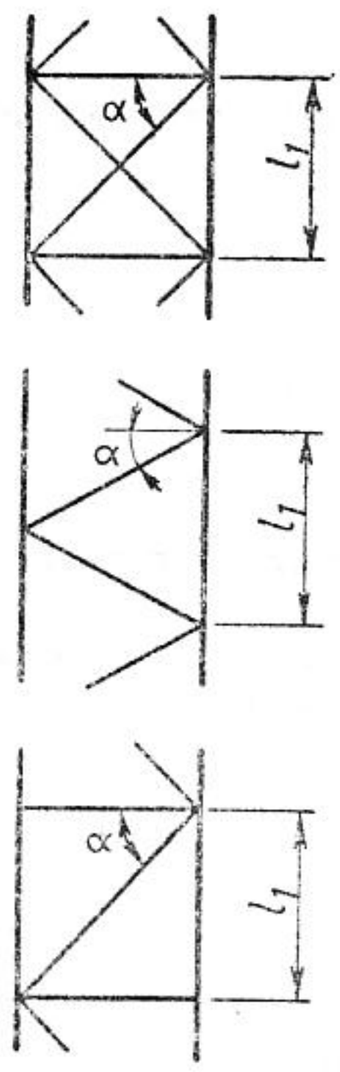
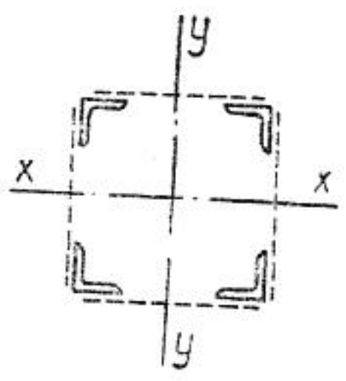
Verificarea se face cu aceeași relație ca la barele cu secțiune plină care își pierd stabilitatea prin încovoiere ($N/\varphi A \leqslant R$) cu următoarele particularități față de schema 5.2:

— *operația 5*: se calculează valori corectate ale coeficienților de suplețe în raport cu axele care nu taie materialul secțiunii (fig. 5.5); expresiile acestor coeficienți sînt date în tabelul 5.3 pentru elemente solidarizate cu plăcuțe și în tabelul 5.4 pentru elemente solidarizate cu zăbreluțe;

— pentru ca ramurile să nu flambeze (pe distanța între două noduri) înaintea barei în ansamblu, coeficientul de flambaj al ramurii φ_1 trebuie să fie mai mare decît coeficientul de flambaj al barei φ:

Tabelul 5.3

Secțiunea	Expresiile coeficienților de zveltețe
1	2
Secțiuni compuse din două elemente (fig. 5.5, *a*, *c*) solidarizate cu plăcuțe	
	$\lambda_x = \frac{l_{fx}}{i_x}$ $\lambda_{ytr} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2 \frac{\pi^2}{12}\left(1 + \frac{cI_1}{l_1 I_p}\right)}$; cînd $\frac{I_p \cdot l_1}{I_1 \cdot c} \geqslant 5$ se poate lua: $\lambda_{ytr} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2}$ unde: $\lambda_y = \frac{l_{fy}}{i_y}$; $\lambda_1 = \frac{l_1}{i_1}$ I_1 reprezintă momentul de inerție al unei ramuri în raport cu axa proprie *1—1*; i_1 — raza de inerție a unei ramuri în raport cu axa proprie *1—1*; I_p — momentul de inerție al secțiunii unei plăcuțe: $I_p = \frac{tb^3}{12}$ c, l_1 — ca în figură
Secțiuni compuse din patru elemente (fig. 5.5, *a*, *d*) solidarizate cu plăcuțe	
	$\lambda_{tr} = \sqrt{\lambda^2 + \lambda_1^2 + \lambda_2^2}$ unde: $\lambda = max(\lambda_x; \lambda_y)$; $\lambda_x = \frac{l_{fx};}{i_x}$; $\lambda_y = \frac{l_{fy}}{i_y}$ $\lambda_1 = \frac{l_1}{i_1}$; $\lambda_2 = \frac{l_1}{i_2}$

Sistemul de solidarizare	Expresiile coeficienților de zvelteță
Secțiuni compuse din două elemente (fig. 5.5, *b*, *c*) solidarizate cu zăbrele	
	$\lambda_x = \frac{l_{fx}}{i_x}$ $\lambda_{ytr} = \sqrt{\lambda_y^2 + \pi^2 A \left(\frac{1}{A_d \sin\alpha \cos^2\alpha} + \frac{\cos\alpha}{A_m \sin\alpha} \right)}$ cînd $A_m = A_d \cos\alpha$ și notînd $n = \pi^2 \left(\frac{1}{\sin\alpha \cos^2\alpha} + \frac{1}{\sin\alpha} \right)$, rezultă: $\lambda_{ytr} = \sqrt{\lambda_y^2 + \pi^2 \frac{A}{A_d} \left(\frac{1}{\sin\alpha \cos^2\alpha} + \frac{1}{\sin\alpha} \right)} = \sqrt{\lambda_y^2 + n \frac{A}{A_d}}$ unde: $\lambda_y = \frac{l_{fy}}{i_y}$; A reprezintă aria secțiunii barei; A_d — aria secțiunii normale a diagonalelor din panou; A_m — aria secțiunii montanților dintr-un plan orizontal
	$\lambda_x = \frac{l_{fx}}{i_x}$ $\lambda_{ytr} = \sqrt{\lambda_y^2 + \pi^2 \frac{A}{A_d} \frac{1}{\sin\alpha \cos^2\alpha}} = \sqrt{\lambda_y^2 + n \frac{A}{A_d}}$ unde: $\lambda_y = \frac{l_{fy}}{i_y}$ A reprezintă aria secțiunii barei; A_d — aria secțiunii normale a diagonalelor din panou; $n = \frac{\pi^2}{\sin\alpha \cos^2\alpha}$
Secțiuni compuse din patru elemente (fig. 5.5, *b*, *d*) solidarizate cu zăbrele	
Solidarizare ca în cele patru cazuri anterioare 	$\lambda_{tr} = \sqrt{\lambda^2 + n_1 \frac{A}{A_{d1}} + n_2 \frac{A}{A_{d2}}}$ unde: $\lambda = max(\lambda_x; \lambda_y)$; n_1, n_2 corespund planurilor *1—1*, respectiv *2—2*

— este necesară verificarea elementelor de solidarizare la acțiunea forței tăietoare:

$$T=0{,}012\,AR,$$

unde: A reprezintă aria secțiunii barei, iar R — rezistența de calcul a oțelului.

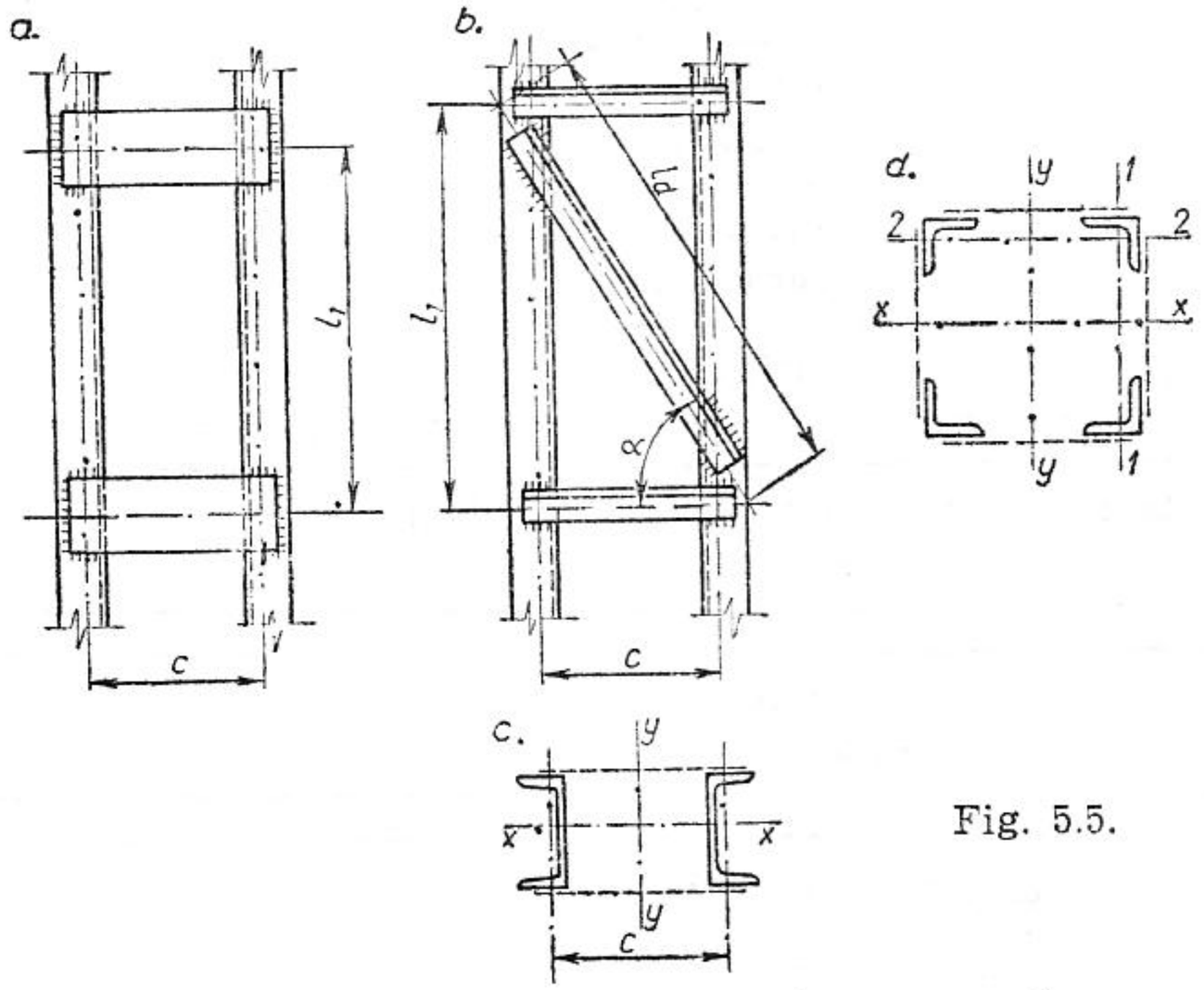


Fig. 5.5.

Succesiunea operațiilor necesare verificării barelor cu secțiunea compusă din elemente mult depărtate solidarizate cu plăcuțe sau zăbrelușe este indicată în schema 5.4.

Schema 5.4

Verificarea barelor cu secțiune compusă din elemente mult depărtate solidarizate cu plăcuțe (fig. 5.5, *a*, *c*)

↓

1. Elemente cunoscute:
   - efortul axial de calcul N
   - marca oțelului folosit R
   - secțiunea barei
   - lungimea barei l
   - legăturile barei la capete

↓

2. Calculează caracteristicile secțiunii:

$$A;\ I_x;\ I_y;\ I_1$$

↓

3. Calculează razele de inerție:

$$i_x=\sqrt{\frac{I_x}{A}}\ ;\quad i_y=\sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$$i_1=\sqrt{\frac{I_1}{A}}$$

↓

4. Calculează coeficienții de zvelțețe:

$$\lambda_x=\frac{l_{fx}}{i_x}\leqslant\lambda_a \text{ (anexa 3, tab. 3.22)}$$

$$\lambda_{ytr}=\ldots\leqslant\lambda_a \text{ (tab. 5.3, 5.4)}$$

$$\lambda_1=\frac{l_1}{i_1}\leqslant 40$$

↓

↓

5. Stabilește coeficienții de flambaj (anexa 3, tab. 3.38 . . . 3.41):

curba . . .
$\lambda_x \longrightarrow \varphi_x$
oțel . . .

curba . . .
$\lambda_{ytr} \longrightarrow \varphi_{ytr}$
oțel . . .

curba . . .
$\lambda_1 \longrightarrow \varphi_1$
oțel . . .

↓

6. Stabilește coeficientul minim de flambaj:

$$\varphi = min(\varphi_x;\ \varphi_{ytr})$$

↓

7. Verifică îndeplinirea condiției:

$$\varphi_1 \geqslant \varphi$$

↓

8. Verifică condiția de stabilitate:

$$\frac{N}{\varphi A} \leqslant R$$

↓

9. Verifică stabilitatea locală (v. pct. 5.5.4)

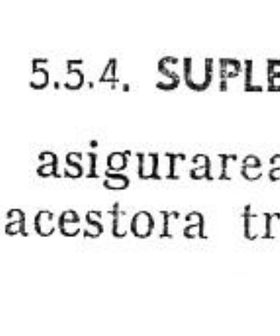
↓

10. Verifică elementele de solidarizare (v. pct. 5.5.5).

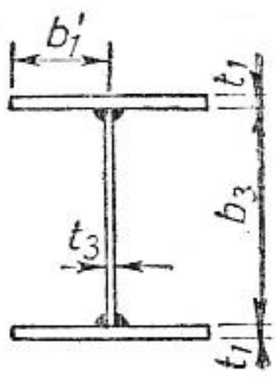
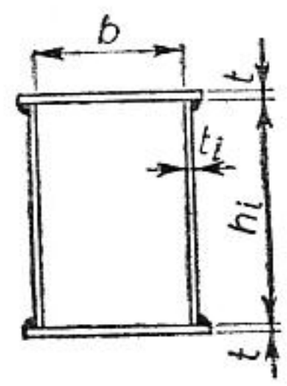
5.5.4. SUPLEȚEA MAXIMĂ A PEREȚILOR BARELOR COMPRIMATE CENTRIC

Pentru asigurarea stabilității locale a pereților barelor comprimate centric, suplețile acestora trebuie să fie mai mici decît suplețile limită indicate în tabelul 5.5.

Tabelul 5.5

Nr. crt.	Tipul secțiunii	Condițiile de verificare a stabilității locale
1		$\frac{b_1'}{t_1} \leqslant k_1 \sqrt{\frac{R\varphi}{\sigma}}\ ;\ \frac{b_2}{t_2} \leqslant k_2 \sqrt{\frac{R\varphi}{\sigma}}$ unde: — $\sigma = \frac{N}{A}$; — coeficienții k_1, k_2 se extrag din anexa 3, tabelul 3.31; — valoarea termenului $\sqrt{\frac{R\varphi}{\sigma}}$ se limitează superior la 1,25; — φ reprezintă coeficientul minim de flambaj

Tabelul 5.5 (continuare)

Nr. crt.	Tipul secțiunii	Condițiile de verificare a stabilită ii ocale
2		$\frac{b_1'}{t_1} \leqslant k_1 \sqrt{\frac{R\varphi}{\sigma}}$; $\frac{b_3}{t_3} \leqslant 40 \sqrt{\frac{210}{R}} + 0{,}4\,\lambda$ unde: — $\sigma = \frac{N}{A}$; — coeficientul k_1 se extrage din anexa 3, tabelul 3.31; — valoarea termenului $\sqrt{\frac{R\varphi}{\sigma}}$ se limitează superior la 1,25; — φ reprezintă coeficientul minim de flambaj; — λ reprezintă zvelteța maximă a barei; — cînd $\sigma = R$, raportul b_3/t_3 nu va depăși valoarea 75; — cînd $\sigma < R$, suplețea limită se poate majora cu $\sqrt{\frac{R\varphi}{\sigma}}$, fără a depăși 90;
3		$\frac{b}{t} \leqslant 20 \sqrt{4+3(1-\beta)} \cdot \sqrt{\frac{210}{R}} + 0{,}2\,\lambda$ $\frac{h_i}{t_i} \leqslant 20 \sqrt{4+3(1-\beta)} \cdot \sqrt{\frac{210}{R}} + 0{,}2\,\lambda$ unde: — $\beta = \frac{b \cdot t_i^3}{h_i \cdot t^3}$, pentru inimă; $\beta = \frac{h_i \cdot t^3}{b \cdot t_i^3}$, pentru tălpi; — sînt valabile și în acest caz ultimele patru observații de la secțiunea nr. 2

5.5.5. VERIFICAREA PLĂCUȚELOR ȘI ZĂBRELUȚELOR

Verificarea plăcuțelor cu care se solidarizează elementele mult depărtate ale secțiunilor compuse din elemente mult depărtate este indicată în schema 5.5, iar verificarea zăbreluțelor în schema 5.6.

Schema 5.5

Verificarea plăcuțelor de solidarizare (fig. 5.5, *a*, *c*)

↓

1. Elemente cunoscute:
   — secțiunea barei;
   — marca oțelului folosit: R, R_f
   — secțiunea plăcuței

↓

2. Calculează forța tăietoare:

$$T = 0{,}012\,AR,$$

unde A reprezintă aria secțiunii barei

↓

3. Calculează eforturile în plăcuță:

$$M = \frac{T \cdot l_1}{4}$$

$$Q = \frac{T \cdot l_1}{2c}$$

↓

4. Verifică tensiunile în plăcuță:

$$\sigma = \frac{M}{W_{pl}} = \frac{M}{\frac{t \cdot b^2}{6}} \leqslant R$$

$$\tau = 1{,}5 \frac{Q}{t \cdot b} \leqslant R_f$$

unde t și b sînt dimensiunile secțiunii plăcuței

Schema 5.6

Verificarea zăbrelușelor de solidarizare (fig. 5.5, *b*, *c*)

↓

1. Elemente cunoscute:
   — secțiunea barei
   — marca oțelului folosit R;
   — secțiunea zăbreluței A_z
   — lungimea teoretică a zăbreluței l

↓

2. Calculează forța tăietoare:

$$T = 0{,}012\, AR,$$

unde A reprezintă aria secțiunii barei

↓

3. Calculează efortul axial în zăbreluță, ca la o grindă cu zăbrele:

$D = \frac{T}{2 \cos \alpha}$, pentru sistemul de zăbrele din figura 5.5, *b*

↓

4. Calculează coeficientul de zvelțețe al zăbreluței:

$$\lambda = \frac{l}{i} \leqslant \lambda_a,$$

unde i reprezintă, pentru zăbreluțe dintr-un singur cornier, raza de inerție minimă

↓

Schema 5.6 (continuare)

↓

5. Stabilește coeficientul de flambaj:

$$\lambda \xrightarrow[\text{oțel}\ \ldots]{\text{curba}\ \ldots} \varphi$$

↓

6. Verifică condiția de stabilitate:

$$\frac{D}{\varphi A_z} \leqslant mR$$

unde: $m=0{,}75$ cînd zăbreluța este formată dintr-un singur cornier prins pe o singură aripă și $m=0{,}9$ cînd cornierul este cu aripi neegale și este prins pe aripa lată

5.6. DIMENSIONARE

Dimensionarea unei bare cu efort axial de compresiune are, în general, un caracter iterativ și necesită parcurgerea a două etape:

— alegerea secțiunii;

— verificarea secțiunii alese.

Dimensionarea se încheie atunci cînd sînt satisfăcute condițiile cerute de verificarea barei:

$$\frac{N}{\varphi \cdot A} \leqslant R; \quad \lambda_{max} \leqslant \lambda_a.$$

În schemele 5.7, 5.8, 5.9 sînt prezentate trei metode care pot fi folosite la dimensionarea unei bare comprimate.

Avantajul metodei din schema 5.7:

— prin metoda razelor aproximative de girație, alegerea secțiunii se face în funcție de trei elemente (A, h, b), ceea ce este important în cazul secțiunilor compuse din mai multe laminate sau în cazul lungimilor de flambaj mult diferite.

Dezavantajul metodei:

— metoda necesită aproximarea cu cît mai mare exactitate a zvelteței barei (punctul 4 din schema 5.7).

Avantajul metodei din schema 5.8:

— metoda coeficientului de profil este expeditivă în cazul secțiunilor unitare și compuse simple.

Dezavantajul metodei:

— metoda este greoaie în cazul secțiunilor compuse complicate sau cu lungimi de flambaj mult diferite, deoarece elementele componente se aleg doar în funcție de A_{nec}.

Metoda mixtă (schema 5.9) îmbină avantajele pe care le oferă metoda razelor aproximative de girație și metoda coeficientului de profil, așa încît se poate obține chiar de la prima încercare, secțiunea care să îndeplinească toate condițiile impuse de verificarea ei.

Schema 5.7

Metoda razelor aproximative de giraţie

↓

1. Elemente cunoscute:
   - efortul axial de calcul N
   - lungimea barei l
   - legăturile barei

Alegerea secţiunii

↓

2. Propune:
   - tipul secţiunii
   - marca oţelului R (anexa 3, tab. 3.5)

↓

3. Calculează lungimile de flambaj ale barei:

$$l_{fx},\ l_{fy}$$

↓

4. Apreciază coeficienţii de zvelteţe ai barei:

$$\lambda_x \leqslant \lambda_a \text{ (anexa 3, tab. 3.22)}$$
$$\lambda_y \leqslant \lambda_a$$

↓

5. În funcţie de coeficientul de zvelteţe maxim, $max\,(\lambda_x;\ \lambda_y)$, stabileşte coeficientul de flambaj φ (anexa 3, tab. 3.38 . . . 3.41)

↓

6. Calculează aria necesară a secţiunii barei:

$$A_{nec} = \frac{N}{\varphi R}$$

↓

7. Extrage din anexa 2, tabelul 2.20 coeficienţii razelor de giraţie: $\alpha_x,\ \alpha_y$

↓

8. Calculează înălţimea şi lăţimea secţiunii barei:

$$h_{nec} = \frac{l_{fx}}{\alpha_x \cdot \lambda_x};\quad b_{nec} = \frac{l_{fy}}{\alpha_y \cdot \lambda_y}$$

↓

9. Propune o secţiune cu:

$$A_{ef} \approx A_{nec}$$
$$h_{ef} \approx h_{nec}$$
$$b_{ef} \approx b_{nec}$$

Verificarea secţiunii

↓

Se folosesc, în funcţie de tipul secţiunii, schemele de verificare de la pct. 5.5.

Schema 5.8

Metoda coeficientului de profil, K,

$$K = \frac{A^2}{I}$$

↓

1. Elementele cunoscute:
   - efortul axial de calcul N
   - lungimea barei l
   - legăturile barei

↓

Alegerea secțiunii

↓

2. Propune:
   - tipul secțiunii
   - marca oțelului R (anexa 3, tab. 3.5)

↓

3. Calculează lungimile de flambaj ale barei: l_{fx}, l_{fy}

↓

4. Extrage, din anexa 2, tabelul 2.20 coeficienții de profil K_x, K_y

↓

5. Calculează coeficienții:

$$\xi_x = \sqrt{\frac{K_x \cdot l_{fx}^2 \cdot R}{N}}$$

$$\xi_y = \sqrt{\frac{K_y \cdot l_{fy}^2 \cdot R}{N}}$$

↓

6. Stabilește, din anexa 3, tabelele 3.38 . . . 3.41, coeficientul minim de flambaj în funcție de ξ_x, ξ_y

↓

7. Calculează aria necesară:

$$A_{nec} = \frac{N}{\varphi \cdot R}$$

↓

8. Propune o secțiune cu:

$$A_{ef} \approx A_{nec}$$

↓

Verificarea secțiunii

↓

Se folosesc, în funcție de tipul secțiunii, schemele de verificare de la pct. 5.5.

Schema 5.9

Metoda mixtă

↓

1. Elemente cunoscute:
   - efortul axial de calcul N
   - lungimea barei l
   - legăturile barei

↓

Alegerea secțiunii

↓

2. Propune:
   - tipul secțiunii
   - marca oțelului R (anexa 3, tab. 3.5)

↓

3. Calculează lungimile de flambaj

$$l_{fx},\ l_{fy}$$

↓

4. Extrage din anexa 2, tabelul 2.20 coeficienții de profil K_x, K_y și coeficienții razelor de girație α_x, α_y

↓

5. Calculează coeficienții:

$$\xi_x = \sqrt{\frac{K_x \cdot l_{fx}^2 \cdot R}{N}}$$

$$\xi_y = \sqrt{\frac{K_y \cdot l_{fy}^2 \cdot R}{N}}$$

↓

6. Din anexa 3, tabelele 3.38 . . . 3.41, stabilește coeficientul de flambaj φ și coeficientul de zvelțețe λ, în funcție de $max\,(\xi_x;\ \xi_y)$

↓

7. Calculează elementele necesare alegerii secțiunii

$$A_{nec} = \frac{N}{\varphi \cdot R}$$

$$h_{nec} = \frac{l_{fx}}{\alpha_x \cdot \lambda}$$

$$b_{nec} = \frac{l_{fy}}{\alpha_y \cdot \lambda}$$

↓

8. Propune o secțiune astfel încît:

$$A_{ef} \approx A_{nec}$$
$$h_{ef} \approx h_{nec}$$
$$b_{ef} \approx b_{nec}$$

Verificarea secțiunii

↓

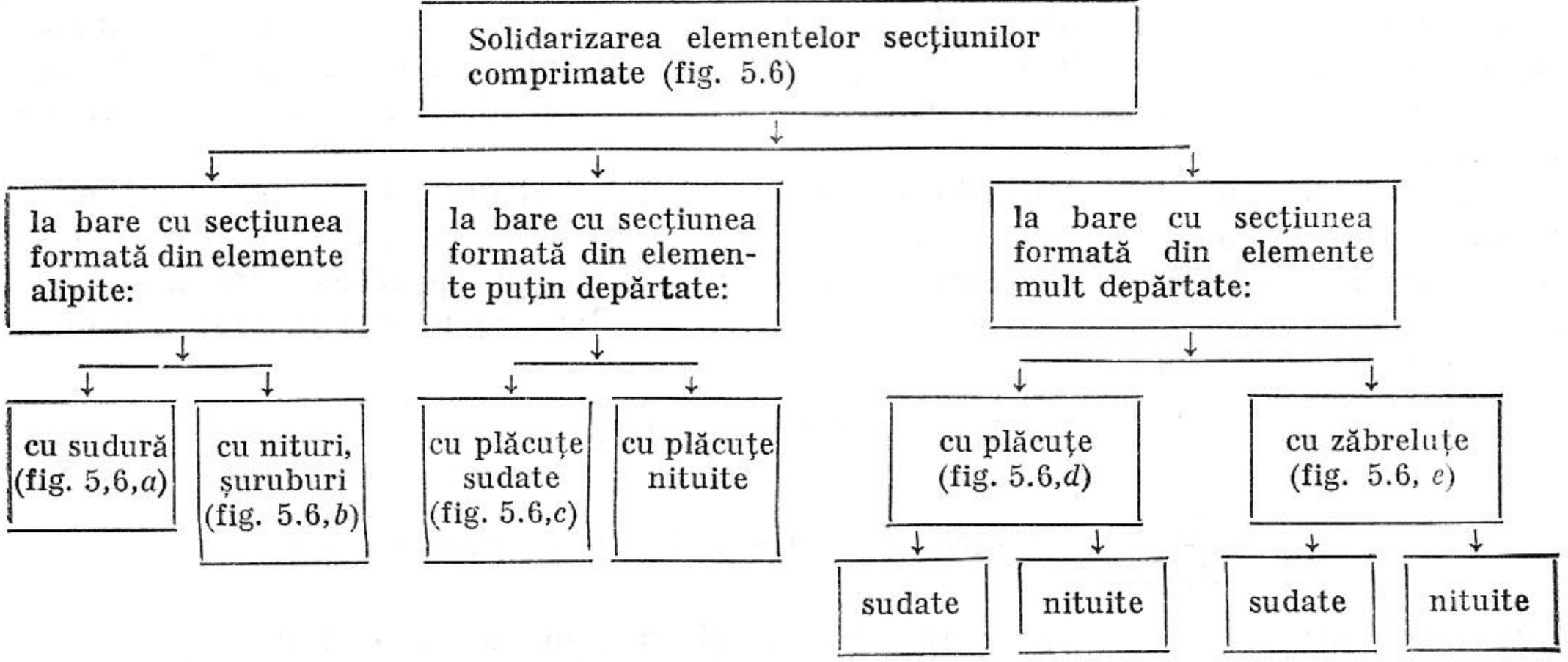
Se folosesc, în funcție de tipul secțiunii, schemele de verificare de la pct. 5.5

5.7. CONDIȚII CONSTRUCTIVE

Pentru a lucra unitar, elementele secțiunilor compuse se solidarizează între ele; în schema 5.10 și figura 5.6 sînt indicate posibilități de solidarizare a elementelor secțiunilor compuse.

Distanța l_1 între punctele de solidarizare este de maximum $40\,i_1$, unde i_1 este raza de inerție minimă a unui element al secțiunii. În cazul unor bare alcătuite din profile laminate (fig. 5.6, *c*, *d*, *e*), i_1 este raza de inerție a unui singur element în raport cu axa proprie (*1—1*) paralelă cu axa care nu taie materialul secțiunii.

Schema **5.10**



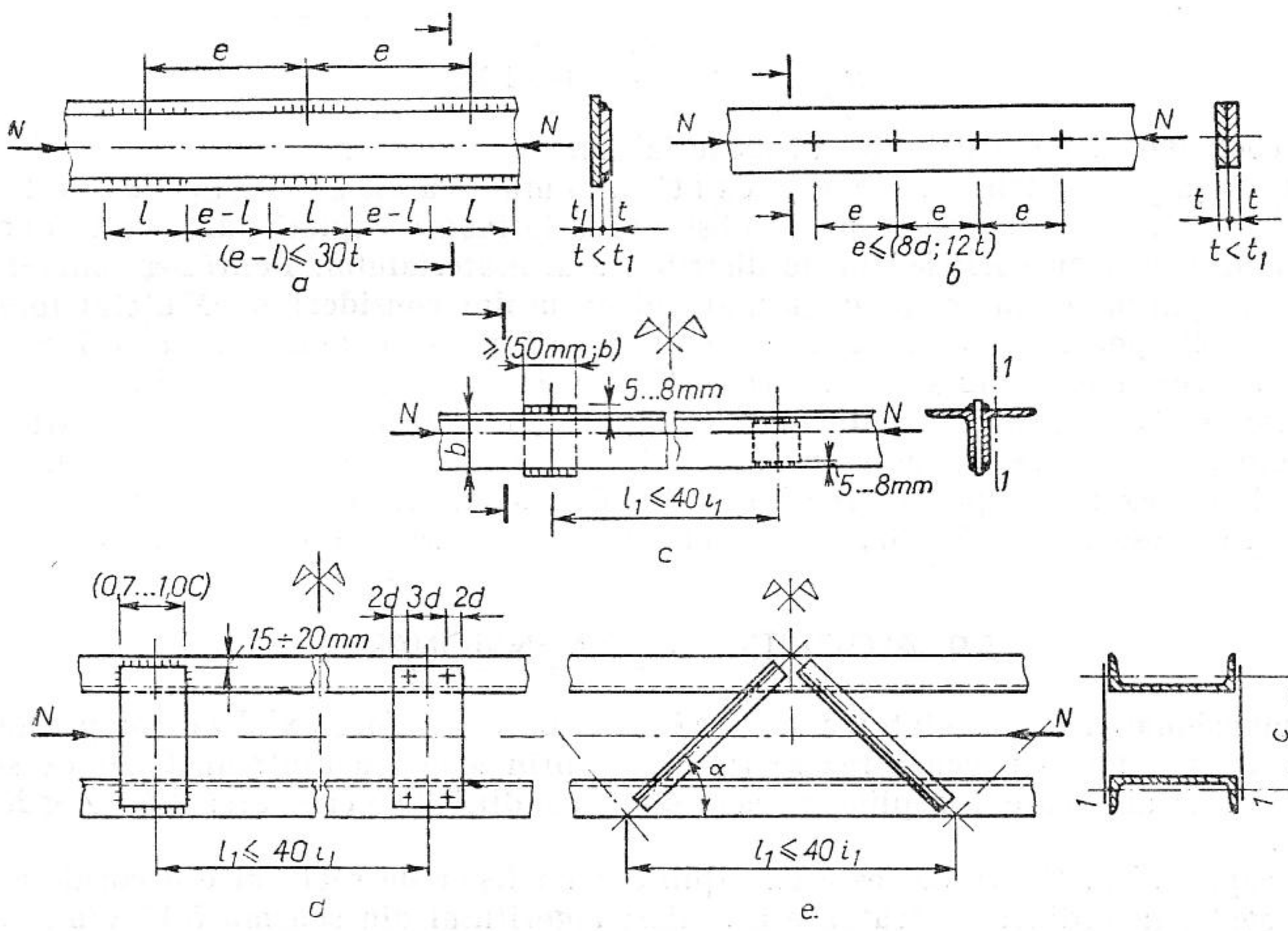


Fig. 5.6.

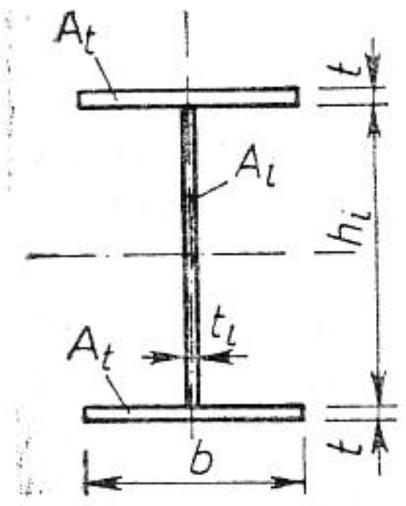


Fig. 5.7.

5.8. CRITERII DE ALCĂTUIRE ECONOMICĂ

Alcătuirea economică a secțiunii unei bare comprimate presupune analiza mai multor aspecte:

— tipul secțiunii folosite;

— geometria secțiunii;

— marca oțelului.

Tipul secțiunii. Așa cum s-a arătat la punctul 5.3, secțiunile barelor folosite în construcții metalice pot fi încadrate, în funcție de tipul lor, în trei curbe de flambaj *A*, *B*, *C*, cărora le corespund valori diferite ale coeficienților de flambaj; în consecință este indicat să fie alese acele tipuri de secțiuni pentru care se obțin coeficienții de flambaj φ mai mari (de preferat sînt secțiunile care se încadrează în curba de flambaj *A*).

Geometria secțiunii. Distribuția materialului în secțiune, în cazul secțiunilor compuse din tablă, are o mare influență asupra coeficientului de zvelțețe λ și în consecință și asupra ariei necesare a secțiunii; se exemplifică această influență pe o secțiune I simetrică (fig. 5.7), cu posibilitatea de flambaj numai în planul inimii. Se notează:

$$n = \frac{h_i}{t_i} \quad \text{(suplețea inimii);}$$

$$\beta = \frac{2A_t}{2A_t + A_i} \quad \text{(coeficientul de distribuție al materialului).}$$

Se demonstrează că secțiunea rezultă cu aria minimă atunci cînd:

— suplețea inimii are valoarea maximă admisă din condiția de stabilitate locală, adică:

$$n_{optim} = 40\sqrt{\frac{210}{R}} + 0{,}4\,\lambda;$$

— coeficientul de distribuție al materialului are valoarea $\beta = 0{,}4$.

Influența parametrilor n și β este cu atît mai mare cu cît coeficientul de zvelțețe λ are o valoare mai mare; se poate observa că influența suplеții inimii este dominantă în raport cu coeficientul de distribuție al materialului. Pentru a concretiza influența parametrului n, se dă următorul exemplu: considerînd că oțelul folosit este OL 52, pentru $\lambda = 80$, dacă suplețea inimii nu este maximă, $n = 0{,}7\ n_{optim}$, rezultă o secțiune cu un spor de circa 13% (coeficientul β fiind același).

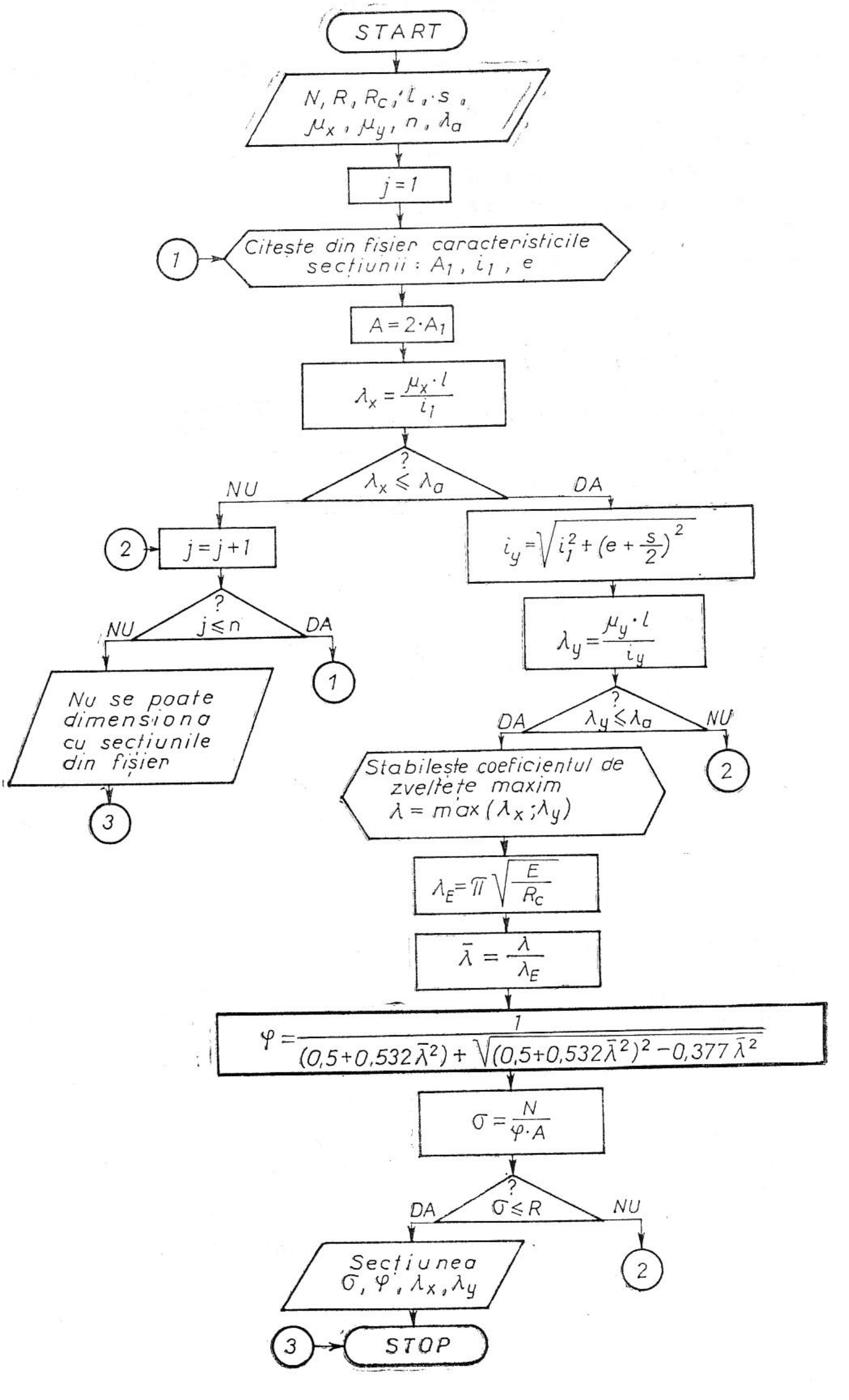
Marca oțelului. Alegerea judicioasă a mărcii de oțel în funcție de coeficientul de zvelțețe al barei are, de asemenea, o influență semnificativă asupra consumului de oțel. De exemplu, pentru secțiunea din figura 5.7, $\lambda = 60$, dacă în loc de oțel OL 52 se folosește oțel OL 37, rezultă un spor al ariei secțiunii, de circa 17%.

5.9. ALGORITMI DE DIMENSIONARE

Dimensionarea la calculator a secțiunii unei bare cu efort axial de compresiune se poate face fie prin generarea secțiunii, fie prin alegerea dintr-un fișier de secțiuni a secțiunii care îndeplinește cele două condiții de verificare: $N/\varphi \cdot A \leqslant R$ și $\lambda \leqslant \lambda_a$.

În capitolul 3, figura 3.4 este exemplificat un fișier de secțiuni din corniere cu aripi egale, în ordinea crescătoare a ariilor; algoritmul din schema 5.11 dimensionează o secțiune compusă din două corniere puțin depărtate, fără slăbiri (v. fig. 3.5).

Schema 5.11


START
N, R, Rc, l, s, μx, μy, n, λa
j=1
1
Citește din fișier caracteristicile secțiunii: A1, i1, e
A=2·A1
λx = μx·l / i1
? λx ≤ λa
NU
DA
2
j=j+1
? j≤n
NU
DA
1
Nu se poate dimensiona cu secțiunile din fișier
3
iy = √(i1² + (e + s/2)²)
λy = μy·l / iy
? λy ≤ λa
DA
NU
2
Stabilește coeficientul de zvelțe maxim λ = max(λx; λy)
λE = π √(E/Rc)
λ̄ = λ / λE
φ = 1 / ((0,5+0,532λ̄²) + √((0,5+0,532λ̄²)² − 0,377λ̄²))
σ = N / (φ·A)
? σ ≤ R
DA
NU
Secțiunea σ, φ, λx, λy
2
3
STOP

5.10. APLICAȚII

APLICAȚIA 5.1. Să se alcătuiască bara comprimată 6–8 a tălpii superioare a unei grinzi cu zăbrele (fig. 5.8) cunoscînd:

— efortul axial de compresiune, N_{6-8}=650 kN;

— se vor lua în considerație trei tipuri de secțiuni:

A — țeavă laminată la cald (fig. 5.8, b);

B — secțiune din două corniere (fig. 5.8, c);

C — profil T, compus din tablă sudată (fig. 5.8, d);

— oțelul folosit este OL 52.

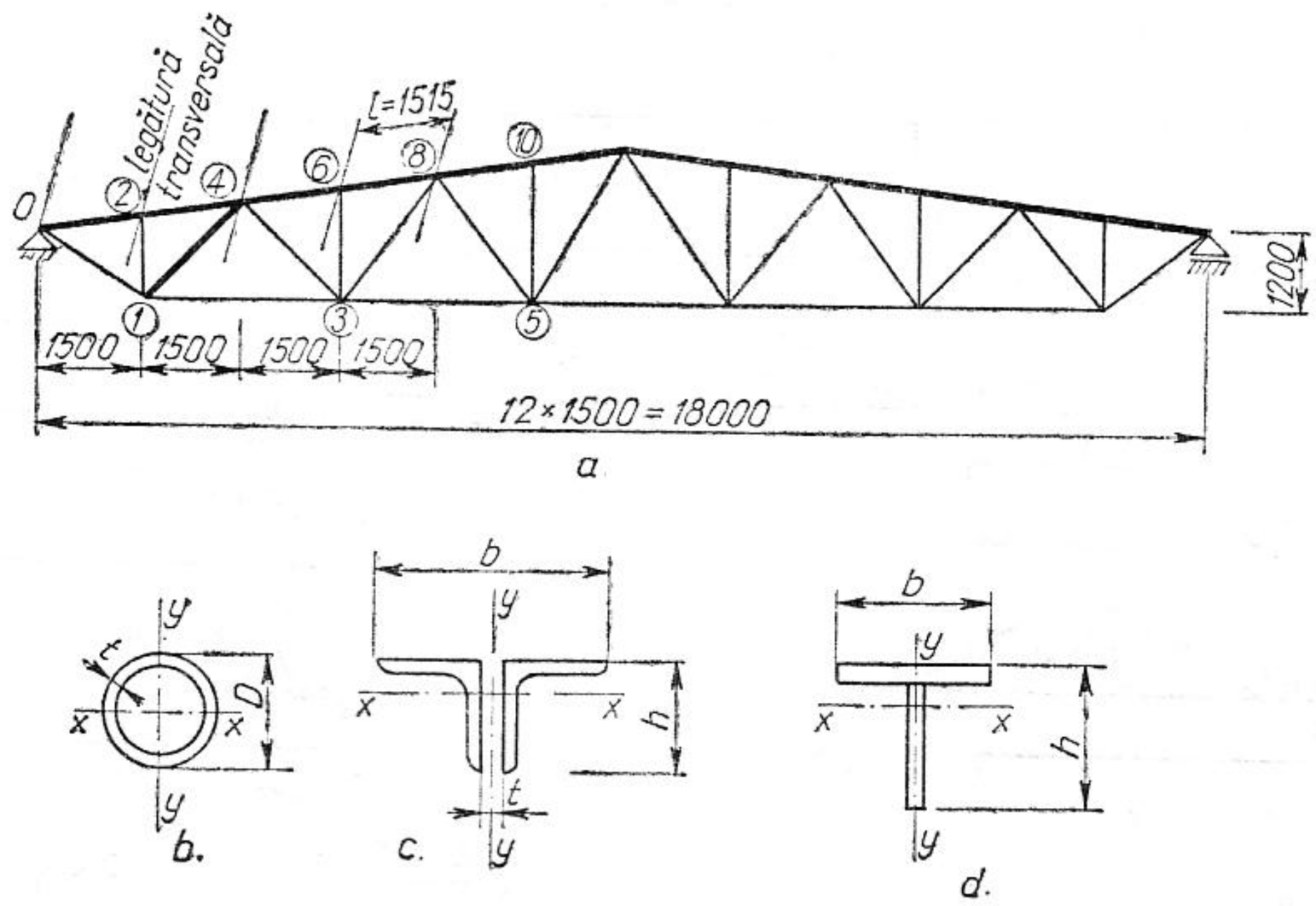


Fig. 5.8.

Rezolvare (v. schema 5.9)

A. *Secțiune formată din țeavă laminată la cald*

1. Elemente cunoscute:
— efortul axial de calcul N;
— lungimea barei l;
— legăturile barei.

1.
— N=650 kN;
— l=1 515 mm;
— bara are legături ca în figura 5.8, *a*.

a. *Alegerea secțiunii*

2. Propune:
— tipul secțiunii;
— marca oțelului R.

2.
— se propune o secțiune ca în figura 5.8, *b*;
— se propune oțel OL 52,

R=315 N/mm².

3. Calculează lungimile de flambaj: l_{fx}, l_{fy}.

3. Lungimile de flambaj sînt egale pe ambele direcții (anexa 3, tab. 3.12)

$$l_{fx}=l_{fy}=l=1\ 515 \text{ mm}.$$

4. Extrage din anexa 2, tabelul 2.20 coeficientul de profil K și coeficientul razei de giratie, α.

4.

$$K=28\frac{t}{D}\approx 28\cdot 0{,}1=2{,}8;$$

$$\alpha=0{,}350.$$

5. Calculează coeficientul:

$$\xi=\sqrt{\frac{K\cdot l_f^2\cdot R}{N}}.$$

5.

$$\xi=\sqrt{\frac{2{,}8\cdot 1\,515^2\cdot 315}{650\cdot 10^3}}=55{,}81.$$

6. Din anexa 3, tabelele 3.38 ... 3.41 scoate coeficienții φ, λ.

6. Pentru oțel OL 52, curba A, rezultă:

$$\varphi=0{,}861;\ \lambda=52.$$

7. Calculează elementele necesare alegerii secțiunii:

$$A_{nec}=\frac{N}{\varphi R};$$

$$D_{nec}=\frac{l_f}{\alpha\cdot\lambda}.$$

7.

$$A_{nec}=\frac{650\cdot 10^3}{0{,}861\cdot 315}=2\ 397 \text{ mm}^2=$$

$$=23{,}97 \text{ cm}^2;$$

$$D_{\text{nec}}=\frac{1\ 515}{0{,}350\cdot 52}=83{,}24 \text{ mm}.$$

8. Propune o secțiune astfel încît:

$$A_{ef}\approx A_{nec};$$
$$D_{ef}\approx D_{nec}.$$

8. Se propune, din anexa 2, tabelul 2.10, o țeavă 102×8 cu:

$$A=23{,}6 \text{ cm}^2;$$
$$D=102 \text{ mm};\ i=3{,}34 \text{ cm}.$$

b. *Verificarea secțiunii* (v. schema 5.2)

9. Calculează coeficientul de zvelțețe:

$$\lambda=\frac{l_f}{i}\leqslant\lambda_a.$$

9.

$$\lambda=\frac{151{,}5}{3{,}34}=45{,}4<\lambda_a=120.$$

10. Stabilește coeficientul de flambaj φ.

10. Din anexa 3, tabelul 3.41, pentru oțel OL 52, curba A, $\lambda=45{,}4$, rezultă: $\varphi=0{,}898$.

11. Verifică condiția de stabilitate:

$$\frac{N}{\varphi\cdot A}\leqslant R.$$

11.

$$\frac{650\cdot 10^3}{0{,}898\cdot 23{,}6\cdot 10^2}=306{,}7 \text{ N/mm}^2<R.$$

B. *Secțiune din două corniere*

1. Elemente cunoscute
— efort axial de calcul N;
— lungimea barei l;
— legăturile barei.

1.
— $N=650$ kN;
— $l=1\ 515$ mm;
— bara are legături ca în figura 5.8, *a*.

a. *Alegerea secțiunii*

2. Propune
— tipul secțiunii;

— marca oțelului R.

3. Calculează lungimile de flambaj: l_{fx}, l_{fy}.

4. Extrage din anexa 2, tabelul 2.20 coeficienții: K_x, K_y.

5. Calculează coeficienții:

$$\xi_x = \sqrt{\frac{K_x \cdot l_{fx}^2 \cdot R}{N}};$$

$$\xi_y = \sqrt{\frac{K_y \cdot l_{fy}^2 \cdot R}{N}}.$$

6. Din anexa 3, tabelele 3.38 . . . 3.41 scoate coeficientul φ în funcție de $max\,(\xi_x;\ \xi_y)$.

7. Calculează aria necesară a secțiunii:

$$A_{nec} = \frac{N}{\varphi \cdot R}$$

8. Propune o secțiune astfel încît:

$$A_{ef} \approx A_{nec}.$$

b. *Verificarea secțiunii* (v. schema 5.2)

9. Calculează coeficienții de zvelțețe:

$$\lambda_x = \frac{l_{fx}}{i_x} \leqslant \lambda_a;$$

$$\lambda_y = \frac{l_{fy}}{i_y} \leqslant \lambda_a.$$

10. Stabilește coeficientul de flambaj φ.

11. Verifică condiția de stabilitate

$$\frac{N}{\varphi \cdot A} \leqslant R.$$

2.
— se propune o secțiune din două corniere, ca în figura 5.8, *c*;
— se propune oțel OL 52 cu $R = 315$ N/mm^2.

3. Lungimile de flambaj sînt egale pe ambele direcții:

$$l_{fx} = l_{fy} = l = 1\,515 \text{ mm}.$$

4. $K_x = 4{,}60$;

$K_y = 2{,}00$ (pentru $t = 10$ mm).

5.

$$\xi_x = \sqrt{\frac{4{,}60 \cdot 1\,515^2 \cdot 315}{650 \cdot 10^3}} = 71{,}53;$$

$$\xi_y = \sqrt{\frac{2{,}00 \cdot 1\,515^2 \cdot 315}{650 \cdot 10^3}} = 47{,}17.$$

6. Pentru oțel OL 52 curba *C*, rezultă $\varphi = 0{,}671$.

$$A_{nec} = \frac{650 \cdot 10^3}{0{,}671 \cdot 315} = 3\,075 \text{ mm}^2 = 30{,}75 \text{ cm}^2.$$

8. Se alege din anexa 2, tabelul 2.21 o secțiune formată din două corniere $90 \times 90 \times 9$, cu

$A = 31$ cm^2; $i_x = 2{,}74$ cm; $i_y = 4{,}09$ cm.

9.

$$\lambda_x = \frac{1\,515}{2{,}74} = 55{,}3 < \lambda_a = 120;$$

$$\lambda_y = \frac{151{,}5}{4{,}09} = 37 < \lambda_a.$$

10. Din anexa 3, tabelul 3.41, pentru $\lambda_x = 55{,}3$, oțel OL 52, curba *C* rezultă $\varphi = 0{,}702$.

11.

$$\frac{650 \cdot 10^3}{0{,}702 \cdot 31 \cdot 10^2} = 298{,}7 \text{ N/mm}^2 < R.$$

c. *Condiții constructive* (v. pct. 5.7)

Pentru a lucra unitar, cele două corniere ale secțiunii se solidarizează cu două plăcuțe sudate $10\times80\times80$; distanța între plăcuțe, $l_1 \leqslant 40\, i_1 = 40\cdot 2{,}74 = 109{,}6$ cm.

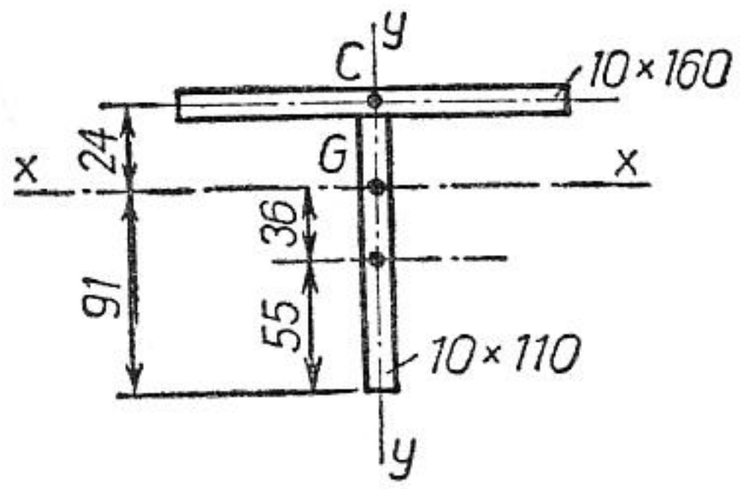


Fig. 5.9.

C. *Profil T compus din tablă sudată*

Deoarece secțiunile T își pot pierde stabilitatea prin încovoiere-răsucire este dificil să se aprecieze de la început, prin calcul, secțiunea care ar putea satisface condițiile cerute de verificarea de stabilitate. Se propune secțiunea din figura 5.9 care se va verifica potrivit schemei 5.3.

1. Elemente cunoscute:
— efortul axial de calcul N;
— marca oțelului folosit R;
— secțiunea barei;
— lungimea barei;
— legăturile barei.

1.
— $N=650$ kN;
— oțel OL 52, $R=315$ N/mm^2;
— secțiunea din figura 5.9;
— $b=1\,515$ mm;
— bara are legături ca în figura 5.8, *a*.

2. Calculează caracteristicile secțiunii: A, y_G, y_C, I_x, I_y, I_r (se neglijează I_ω) (v. observații la schema 5.3).

2. $A=27$ cm^2;

$y_C=y_G=2{,}4$ cm;

$I_x=345{,}6$ cm^4;

$I_y=341{,}3$ cm^4;

$I_r=9$ cm^4.

3. Calculează razele de inerție

$$i_x=\sqrt{\frac{I_x}{A}};$$

$$i_y=\sqrt{\frac{I_y}{A}};$$

$$i_p=\sqrt{i_x^2+i_y^2};$$

$$i_c=\sqrt{i_p^2+y_c^2}.$$

3.

$$i_x=\sqrt{\frac{345{,}6}{27}}=3{,}58 \text{ cm};$$

$$i_y=\sqrt{\frac{341{,}3}{27}}=3{,}56 \text{ cm};$$

$$i_p=\sqrt{3{,}58^2+3{,}56^2}=5{,}04 \text{ cm};$$

$$i_c=\sqrt{5{,}04^2+2{,}4^2}=5{,}59 \text{ cm}.$$

4. Calculează coeficientul

$$c^2=\frac{0{,}039\cdot l^2\cdot I_r}{I_y}.$$

4.

$$c^2=\frac{0{,}039\cdot 151{,}5^2\cdot 9}{341{,}3}=23{,}6.$$

5. Calculează coeficienții de zvelțețe:

$$\lambda_x=\frac{l_{fx}}{i_x}\leqslant\lambda_a;$$

$$\lambda_y=\frac{l_{fy}}{i_y}\leqslant\lambda_a;$$

5.

$$\lambda_x=\frac{151{,}5}{3{,}58}=42{,}3<\lambda_a=120;$$

$$\lambda_y=\frac{151{,}5}{3{,}56}=42{,}6<\lambda_a;$$

$$\lambda_{ytr}=\lambda_y\sqrt{\frac{c^2+i_c^2}{2c^2}\left[1+\sqrt{1-\frac{4c^2i_p^2}{(c^2+i_c^2)^2}}\right]},$$

$$\lambda_{ytr}=42{,}56\sqrt{\frac{23{,}6+31{,}2}{2\cdot 23{,}6}\left[1+\sqrt{1-\frac{4\cdot 23{,}6\cdot 25{,}44}{(23{,}6+31{,}2)^2}}\right]}=42{,}56\cdot 1{,}296=55{,}2.$$

6. Stabilește coeficienții — 6.

$$\lambda_x \xrightarrow[\text{OL 52}]{\text{curba C}} \varphi_x; \qquad \varphi_x=0{,}810;$$

$$\lambda_y \xrightarrow[\text{OL 52}]{\text{Curba C}} \varphi_y; \qquad \varphi_y=0{,}807;$$

$$\lambda_{ytr} \xrightarrow[\text{OL 52}]{\text{Curba B}} \varphi_{ytr}. \qquad \varphi_{ytr}=0{,}780.$$

7. Stabilește coeficientul minim de flambaj: — 7.

$$\varphi=min\ (\varphi_x;\ \varphi_y;\ \varphi_{ytr}) \qquad \varphi=0{,}780.$$

8. Verifică condiția de stabilitate: — 8.

$$\frac{N}{\varphi\cdot A}\leqslant R. \qquad \frac{650\cdot 10^3}{0{,}780\cdot 27\cdot 10^2}=309\ \text{N/mm}^2<R.$$

9. Verifică stabilitatea locală (v. pct. 5.5.4): — 9.

$$\frac{b_1'}{t_1}\leqslant k_1\sqrt{\frac{R\varphi}{\sigma}}; \qquad \left(\frac{b_1'}{t_1}\right)_{ef}=\frac{75}{10}=7{,}5;$$

$$\frac{b_2}{t_2}\leqslant k_2\sqrt{\frac{R\varphi}{\sigma}}; \qquad \left(\frac{b_1'}{t_1}\right)_{max}=13{,}3\sqrt{\frac{315\cdot 0{,}780}{241}}=13{,}43;$$

unde:
k_1 și k_2 rezultă din anexa 3, tabelul 3.31 în funcție de $\lambda=max\ (\lambda_x;\ \lambda_y;\ \lambda_{ytr})$ și marca oțelului;

deci:

$$\left(\frac{b_1'}{t_1}\right)_{ef}<\left(\frac{b_1'}{t_1}\right)_{max};$$

$$\sigma=\frac{N}{A}:$$

$$\left(\frac{b_2}{t_2}\right)_{ef}=\frac{110}{10}=11;$$

$$\left(\frac{b_2}{t_2}\right)_{max}=12{,}2\sqrt{\frac{315\cdot 0{,}780}{241}}=12{,}32;$$

deci:

$$\left(\frac{b_2}{t_2}\right)_{ef}<\left(\frac{b_2}{t_2}\right)_{max}.$$

APLICAȚIA 5.2. Să se alcătuiască diagonala comprimată 1–4 a grinzii cu zăbrele din figura 5.8 cunoscînd:

- **efortul axial de compresiune $N_{1-4}=260$ kN;**
- **lungimea teoretică a barei $l=1\,950$ mm;**
- **secțiunea se alcătuiește din două corniere puțin depărtate, $t=10$ mm;**
- **marca oțelului folosit OL 37.**

Rezolvare (v. schema 5.9)

1. Elemente cunoscute:
— efortul axial de calcul N;
— lungimea barei l;
— legăturile barei.

1.
— $N=260$ kN;
— $l=1\,950$ mm;
— bara are legături ca în figura 5.8, *a*.

a. *Alegerea secțiunii*

2. Propune
— tipul secțiunii;
— marca oțelului R.

2.
— Se propune o secțiune ca în figura 5.8, *c*;
— se propune oțel OL 37 cu $R=220$ N/mm^2.

3. Calculează lungimile de flambaj: l_{fx}, l_{fy}.

3. Din anexa 3, tabelul 3.12 rezultă:

$$l_{fx}=0{,}8\cdot l=0{,}8\cdot 195=156 \text{ cm};$$

$$l_{fy}=l=195 \text{ cm}.$$

4. Extrage din anexa 2, tabelul 2.20 coeficienții de profil K_x, K_y.

4.

$$K_x=4{,}60;\quad K_y=2{,}00.$$

5. Calculează coeficienții:

$$\xi_x=\sqrt{\frac{K_x\cdot l_{fx}^2\cdot R}{N}};$$

$$\xi_y=\sqrt{\frac{K_y\cdot l_{fy}^2\cdot R}{N}}.$$

5.

$$\xi_x=\sqrt{\frac{4{,}60\cdot 1\,560^2\cdot 220}{260\cdot 10^3}}=97{,}33$$

$$\xi_y=\sqrt{\frac{2{,}00\cdot 1950^2\cdot 220}{260\cdot 10^3}}=80{,}22$$

6. Din anexa 3, tabelele 3.38 ... 3.41 scoate coeficientul în funcție de $max\,(\xi_x;\ \xi_y)$.

6. În funcție de $\xi_x=97{,}33$, pe curba *C*, oțel OL 37, rezultă $\varphi=0{,}632$.

7. Calculează aria necesară a secțiunii:

$$A_{nec}=\frac{N}{\varphi R}.$$

7.

$$A_{nec}=\frac{260\cdot 10^3}{0{,}632\cdot 220}=18{,}7 \text{ cm}^2.$$

8. Propune o secțiune cu:

$$A_{ef}\approx A_{nec}.$$

8. Din anexa 2, tabelul 2.21 se alege o secțiune formată din două corniere $70\times 70\times 7$, cu

$$A=18{,}8 \text{ cm}^2;\ i_x=2{,}12 \text{ cm};$$

$$i_y=3{,}26 \text{ cm}.$$

b. *Verificarea secțiunii* (v. schema 5.2)

9. Calculează coeficienții de zvelțețe:

$$\lambda_x=\frac{l_{fx}}{i_x}\leqslant\lambda_a;$$

$$\lambda_y=\frac{l_{fy}}{i_y}\leqslant\lambda_a.$$

9.

$$\lambda_x=\frac{156}{2{,}12}=73{,}6<\lambda_a=150;$$

$$\lambda_y=\frac{195}{3{,}26}=59{,}8<\lambda_a.$$

10. Stabileşte coeficienţii de flambaj:

$$\lambda_x \xrightarrow[\text{OL 37}]{\text{curba C}} \varphi_x;$$

$$\lambda_y \xrightarrow[\text{OL 37}]{\text{curba C}} \varphi_y.$$

11. Stabileşte coeficientul minim de flambaj:

$$\varphi = min\ (\varphi_x \quad \varphi_y).$$

12. Verifică îndeplinirea condiţiei de stabilitate:

$$\frac{N}{\varphi A} \leqslant R.$$

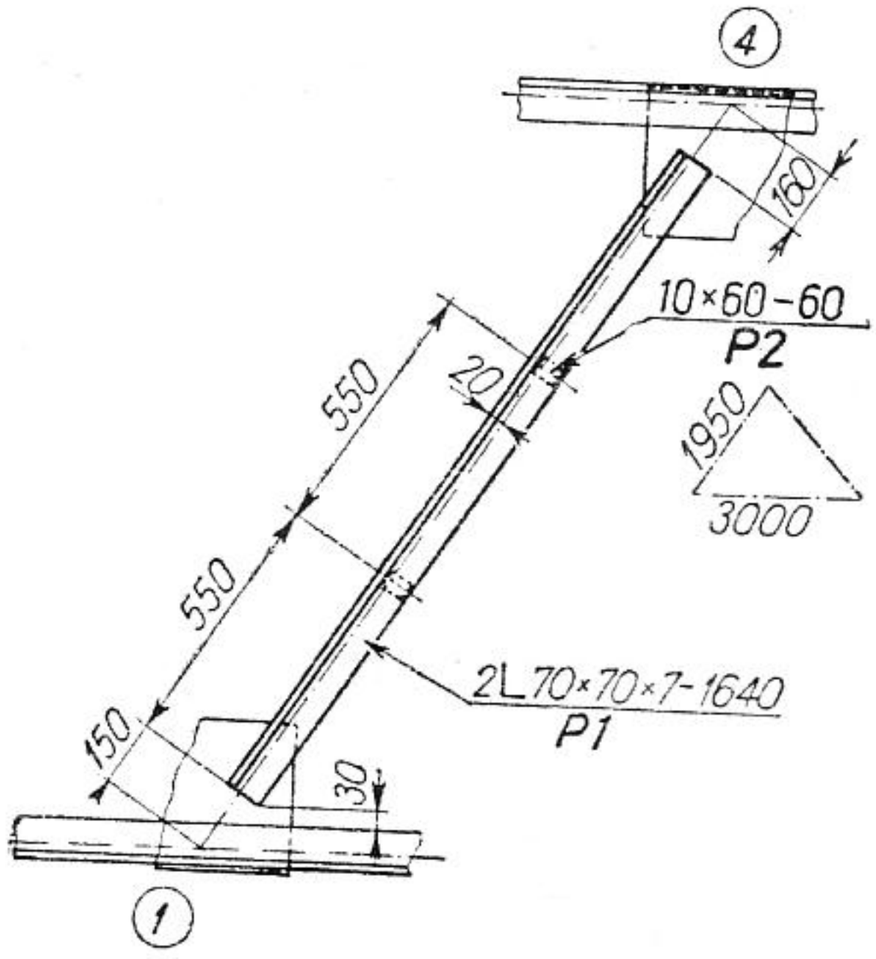


Fig. 5.10.

10. Din anexa 3, tabelul 3.39 rezultă:

$$\varphi_x = 0{,}662;$$

$$\varphi_y = 0{,}755.$$

11.

$$\varphi = 0{,}662.$$

12.

$$\frac{260 \cdot 10^3}{0{,}662 \cdot 18{,}8 \cdot 10^2} = 208{,}9 \text{ N/mm}^2 < R.$$

c. *Condiţii constructive* (v. pct. 5.7)

Pentru a lucra unitar, cele două corniere ale secţiunii se solidarizează cu plăcuţe sudate $10 \times 60 - 60$ (fig. 5.10); distanţa maximă între plăcuţe (cel puţin două),

$$l_1 \leqslant 40\ i_1 = 40 \cdot 2{,}12 = 80{,}48 \text{ cm}.$$

APLICAŢIA 5.3. Să se alcătuiască un stîlp cu secţiunea compusă din elemente mult depărtate, cunoscînd:
— efortul axial de compresiune N=1 290 kN;
— marca oţelului folosit OL 37;
— solidarizarea elementelor secţiunii se va considera în două variante: cu plăcuţe şi cu zăbreluţe (fig. 5.11);
— stîlpul are legături articulate.

Rezolvare

A. *Stîlp comprimat centric, cu secţiune compusă din elemente mult depărtate solidarizate cu plăcuţe* (fig. 5.11, *a*)

1. Elemente cunoscute
— efortul axial de calcul N;
— lungimea barei H;
— legăturile barei.

1.
— $N = 1\,290$ kN;
— $H = 10{,}00$ m;
— bara are legături articulate la ambele capete.

a. *Alegerea secţiunii* (v. schema 5.8)

2. Propune:
— tipul secţiunii;
— marca oţelului R.

2.
— se propune o secţiune ca în figura 5.11, *a*:
— oţel OL 37, $R = 220$ N/mm².

3. Calculează lungimile de flambaj ale barei: l_{fx}, l_{fy}.

3.
$l_{fx} = l_{fy} = H = 10{,}00$ m.

4. Din anexa 2, tabelul 2.20 scoate coeficientul de profil K_x.

4.
$K_x = 1{,}00$ pentru $h \geqslant 20$.

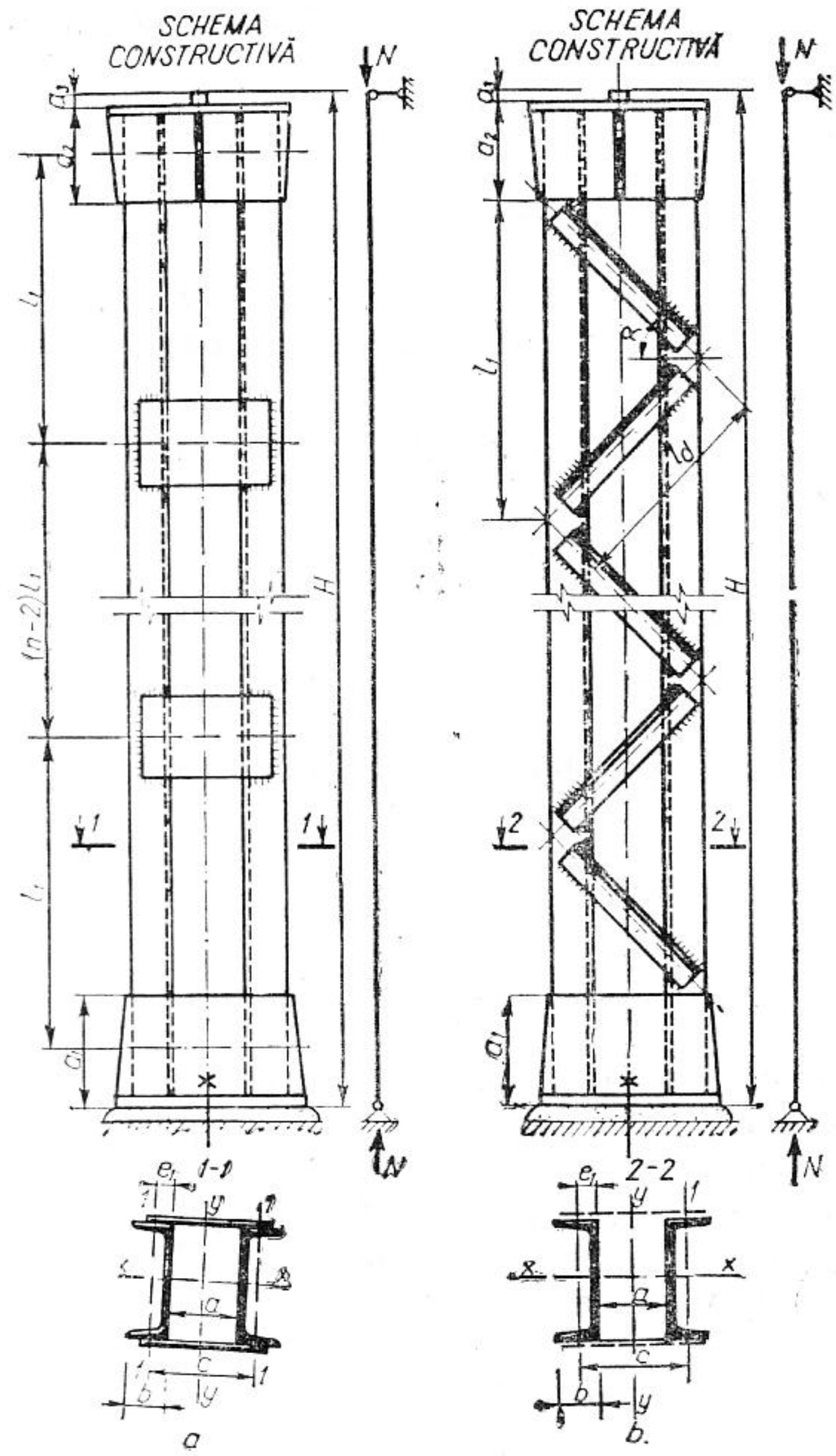


Fig. 5.11.

5. Calculează coeficientul:

$$\xi_x = \sqrt{\frac{K_x \cdot l_{fx}^2 \cdot R}{N}}.$$

6. Din anexa 3, tabelele 3.38 ... 3.41 extrage coeficientul φ_x în funcție de ξ_x

7. Calculează aria necesară a secțiunii:

$$A_{nec} = \frac{N}{\varphi \cdot R}.$$

8. Din anexa 2, tabelul 2.25 extrage o secțiune cu:

$$A_{ef} \approx A_{nec}.$$

5.

$$\xi_x = \sqrt{\frac{1{,}00 \cdot 10\,000^2 \cdot 220}{1\,290 \cdot 10^3}} = 130{,}6.$$

6. În funcție de $\xi_x = 130{,}6$, oțel OL 37, curba B, rezultă:

$$\varphi_x = 0{,}609.$$

7.

$$A_{nec} = \frac{1\,290 \cdot 10^3}{0{,}609 \cdot 220} = 9\,628 \text{ mm}^2 =$$

$$= 96{,}28 \text{ cm}^2.$$

8. Se alege o secțiune formată din două profile laminate U 26, cu:

$$A = 96{,}6 \text{ cm}^2;\ i_x = 9{,}99 \text{ cm};$$

$$i_1 = 2{,}56 \text{ cm}.$$

b. *Verificarea secțiunii* (în raport cu axa $x-x$)

9. Calculează coeficientul de zvelțețe:

$$\lambda_x = \frac{l_{fx}}{i_x} \leqslant \lambda_a.$$

9.

$$\lambda_x = \frac{1\,000}{9{,}99} = 100{,}1 < \lambda_a = 120.$$

10. Din anexa 3, tabelele 3.38 ... 3.41 extrage coeficientul de flambaj φ_x.

10. În funcție de $\lambda = 100{,}1$, curba B, oțel OL 37, rezultă:

$$\varphi_x = 0{,}615.$$

11. Verifică condiția de stabilitate în raport cu axa $x-x$:

$$\frac{N}{\varphi_x \cdot A} \leqslant R.$$

11.

$$\frac{1\,290 \cdot 10^3}{0{,}615 \cdot 96{,}6 \cdot 10^2} = 217{,}1 \text{ N/mm}^2 < R.$$

c. *Calculul distanței c, între axele profilelor laminate* (fig. 5.11, *a*)

12. Calculează lungimea unui panou:

$$l_1 = \frac{H - a_3 - 0{,}5(a_1 + a_2)}{n},$$

în care n reprezintă numărul de panouri în care se propune să se împartă înălțimea stîlpului prin plăcuțe de solidarizare, astfel încît să fie îndeplinită și condiția de la punctul următor.

12. Considerînd $a_3 = 20$ mm; $a_1 = 300$ mm; $a_2 = 220$ mm; $n = 10$, rezultă:

$$l_1 = \frac{1\,000 - 2 - 0{,}5(30 + 22)}{10} = 97{,}2 \text{ cm};$$

înălțimea stîlpului se va împărți în opt panouri de cîte 100 cm și două panouri marginale de cîte 86 cm (fig. 5.12, *a*).

13. Verifică condiția:

$$\lambda_1 = \frac{l_1}{i_1} \leqslant 40.$$

13.

$$\lambda_1 = \frac{100}{2{,}56} = 39 < 40.$$

14. Calculează distanța c:

$$c = 2{,}0\sqrt{\frac{H^2}{\lambda_x^2 - \lambda_1^2} - i_1^2}.$$

14.

$$c = 2{,}0\sqrt{\frac{1\,000^2}{100{,}1^2 - 39^2} - 2{,}56^2} = 24{,}24 \text{ cm}.$$

15. Calculează distanța a (cotă de proiect) și rotunjește superior la 10 mm: $a = c - 2\ e_1$ (la profile I, $a = c$).

15. Din anexa 2, tabelul 2.3 rezultă valoarea $e = 2{,}36$ cm, deci:

$$a = 24{,}24 - 2 \cdot 2{,}36 = 19{,}52 \text{ cm};$$

rotund, $a = 200$ mm.

d. *Verificarea secțiunii în raport cu axa* $y-y$

16. Calculează:

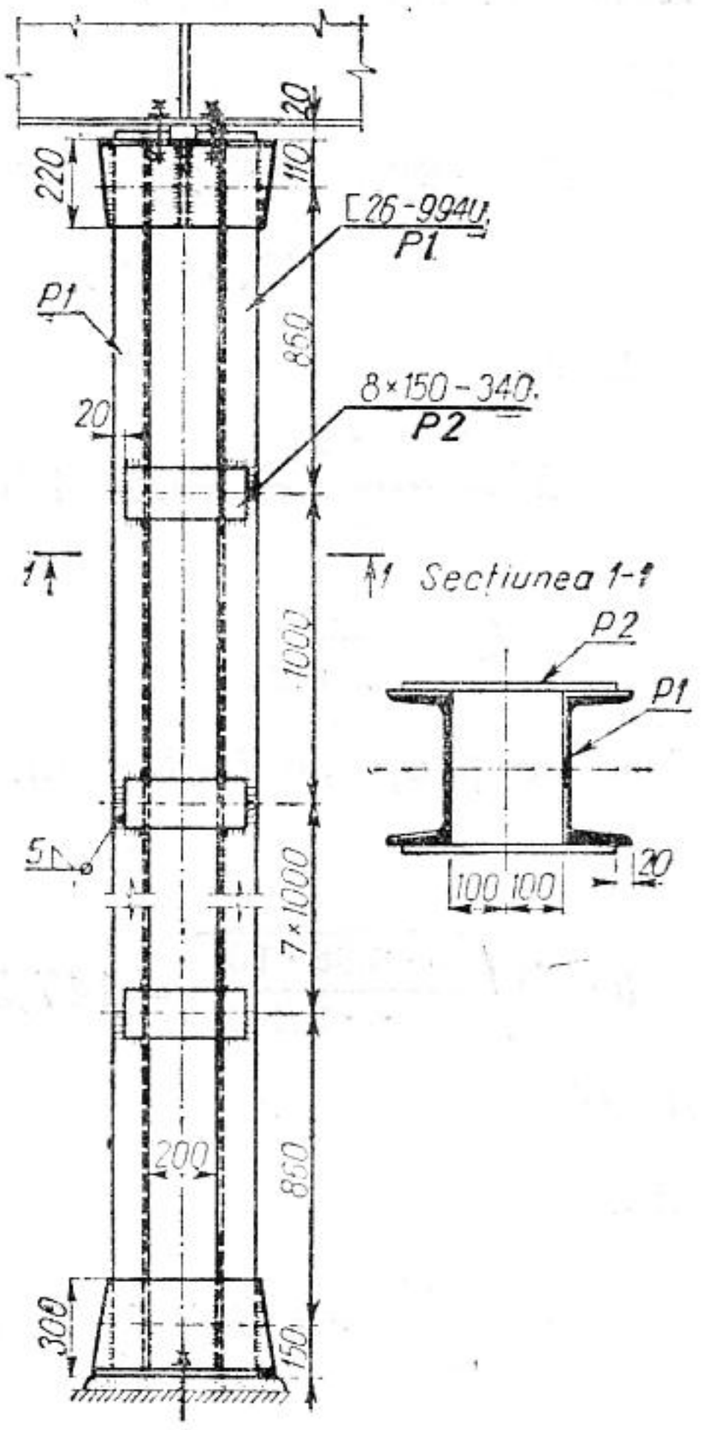
$$i_y = \sqrt{i_1^2 + \frac{c^2}{4}}$$

în care $c = a + 2\ e_1$.

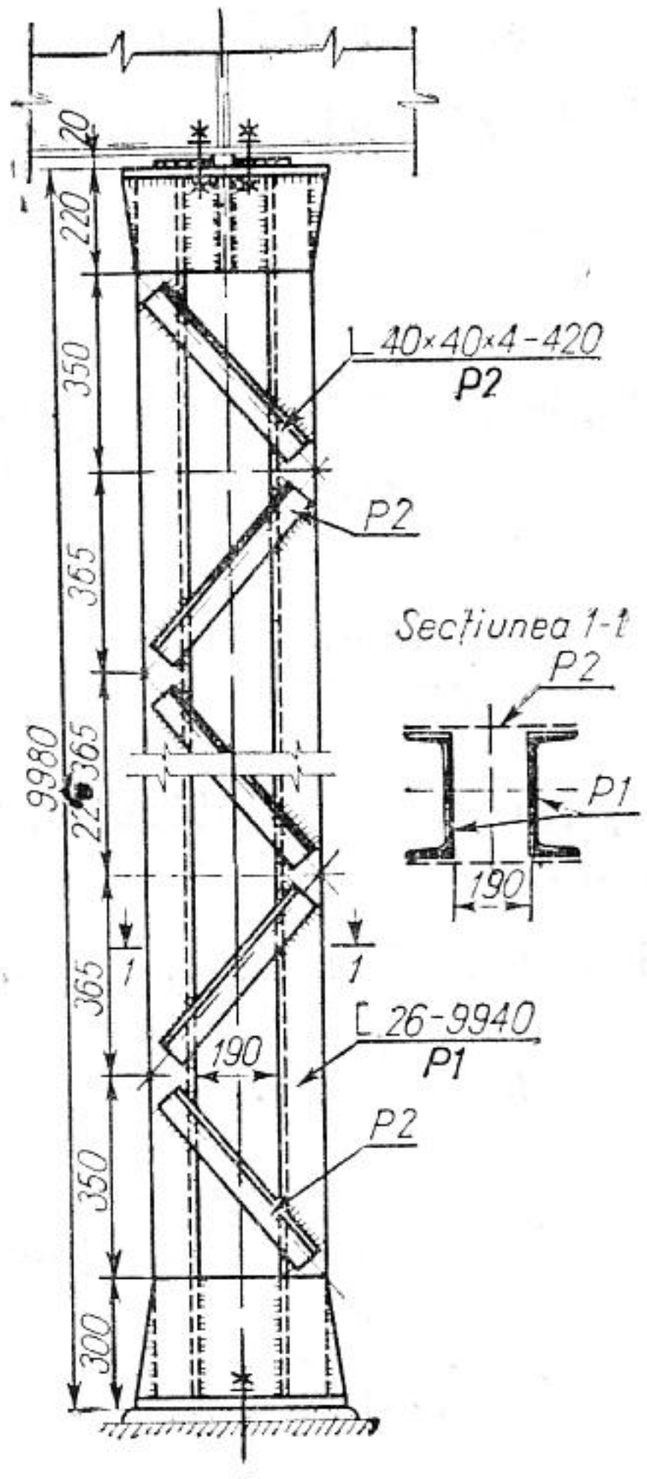
16.

$$i_y = \sqrt{2{,}56^2 + \frac{24{,}72^2}{4}} = 12{,}62 \text{ cm};$$

$$c = 20{,}0 + 2 \cdot 2{,}36 = 24{,}72 \text{ cm}.$$



a



b

Fig. 5.12.

17. Calculează:

$$\lambda_y = \frac{H}{i_y}.$$

17.

$$\lambda_y = \frac{1\,000}{12{,}62} = 79{,}2.$$

18. Calculează coeficientul de zvelteţe transformată (v. tab. 5.3)

$$\lambda_{ytr} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2} \leqslant \lambda_a;$$

se apreciază că este îndeplinită condiţia:

$$\frac{I_p \cdot l_1}{I_1 \cdot c} \geqslant 5.$$

18.

$$\lambda_{ytr} = \sqrt{79{,}9^2 + 39^2} = 88{,}3 < 120.$$

19. Din anexa 3, tabelul 3.39 scoate coeficientul de flambaj φ_{ytr}.

19. În funcţie de λ_{ytr}, curba *B*, oţel OL 37, rezultă:

$$\varphi_{ytr} = 0{,}634.$$

20. Verifică condiţia de stabilitate:

$$\frac{N}{\varphi_{ytr} A} \leqslant R.$$

20.

$$\frac{1\,290 \cdot 10^3}{0{,}634 \cdot 96{,}6 \cdot 10^2} = 211 \text{ N/mm}^2 < R.$$

e. *Calculul plăcuțelor de solidarizare* (v. schema 5.5)

21. Calculează forța tăietoare:

$$T=0{,}012\,AR.$$

21.

$$T=0{,}012\cdot 96{,}6\cdot 10^2\cdot 220=25\,502\ \text{N}=$$
$$=25{,}5\ \text{kN}.$$

22. Calculează eforturile în plăcuță:

$$M=\frac{T\cdot l_1}{4};$$

$$Q=\frac{T\cdot l_1}{2c}$$

22.

$$M=\frac{25{,}5\cdot 1}{4}=6{,}38\ \text{kNm};$$

$$Q=\frac{25{,}5\cdot 1}{2\cdot 0{,}25}=51\ \text{kN}.$$

23. Propune grosimea plăcuței, $t=6$; 8; 10 . . . mm.

23. Se propune $t=8$ mm.

24. Calculează lățimea plăcuței:

$$b=\sqrt{\frac{6M}{tR}}.$$

$$b=\sqrt{\frac{6\cdot 6{,}38\cdot 10^6}{8\cdot 220}}=147{,}5\ \text{mm};$$

rotund, $b=150$ mm.

25. Verifică tensiunile în plăcuță:

$$\sigma=\frac{6M}{t\cdot b^2}\leqslant R;$$

$$\tau=1{,}5\,\frac{Q}{t\cdot b}\leqslant R_f.$$

25.

$$\sigma=\frac{6\cdot 6{,}38\cdot 10^6}{8\cdot 150^2}=212{,}6\ \text{N/mm}^2<R;$$

$$\tau=1{,}5\,\frac{51\cdot 10^3}{8\cdot 150}=63{,}8\ \text{N/mm}^2<R_f.$$

26. Verifică condiția (v. punctul 18 din rezolvarea aplicației):

$$\frac{I_p\cdot l_1}{I_1\cdot c}\geqslant 5.$$

26.

$$\frac{\frac{0{,}8\cdot 15^3}{12}\cdot 100}{317\cdot 24{,}72}=2{,}87<5.$$

Deoarece condiția de rigiditate a plăcuței nu este îndeplinită, verificarea secțiunii barei în raport cu axa $y-y$ se face cu relația generală (v. tab. 5.4) după cum urmează:

27. Calculează coeficientul de zveltețe transformată:

$$\lambda_{ytr}=\sqrt{\lambda_y^2+\lambda_1^2\frac{\pi^2}{12}\left(1+\frac{cI_1}{l_1I_p}\right)}.$$

27.

$$\lambda_{ytr}=\sqrt{79{,}2^2+39^2\frac{3{,}14^2}{12}\left(1+\frac{1}{2{,}87}\right)}=$$
$$=89{,}21.$$

28. Din anexa 3, tabelul 3.39 extrage coeficientul de flambaj φ_{ytr}.

28. În funcție de $\lambda_{ytr}=89{,}21$, curba B, oțel OL 37, rezultă:

$$\varphi_{ytr}=0{,}627.$$

29. Verifică condiția de stabilitate:

$$\frac{N}{\varphi_{ytr}A}\leqslant R.$$

29.

$$\frac{1\,290\cdot 10^3}{0{,}627\cdot 96{,}6\cdot 10^2}=213\ \text{N/mm}^2<R$$

f. *Calculul prinderii cu sudură a plăcuțelor de solidarizare* (v. aplicația 8.11)

Alcătuirea stîlpului este reprezentată în figura 5.12, *a*.

B. *Stîlp comprimat centric cu secțiunea compusă din elemente mult depărtate solidarizate cu zăbreluțe* (fig. 5.11, *b*)

Etapele „*a*“, „*b*“ din rezolvarea problemei sînt identice celor din varianta „*A*“ deosebiri apar doar în ceea ce privește verificarea în raport cu axa $y-y$ și verificarea elementelor de solidarizare.

c. *Calculul distanței c, între axele profilelor laminate* (fig. 5.11, *b*)

12. Propune secțiunea zăbreluței.

12. Din anexa 2, tabelul 2.5 se alege o secțiune formată dintr-un singur cornier, $40\times40\times4$, cu:

$$A_1=3{,}08\ \text{cm}^2;\ i_{min}=0{,}78\ \text{cm}.$$

13. Propune sistemul de zăbrele.

13. Se propune un sistem de zăbrele ca în figura 5.11, *b*.

14. Propune unghiul

$$\alpha=45^\circ\ldots60^\circ.$$

14. Se propune $\alpha=45^\circ$.

15. Calculează termenul (v. tab. 5.4)

$$\lambda_1=\sqrt{\frac{\pi^2}{\sin\alpha\cos^2\alpha}\ \frac{A}{A_d}};$$

15.

$$\lambda_1=\sqrt{\frac{3{,}14^2}{0{,}707\cdot0{,}707^2}\cdot\frac{96{,}6}{2\cdot3{,}08}}=20{,}9.$$

16. Calculează distanța între axele profilelor laminate:

$$c=2{,}0\sqrt{\frac{H^2}{\lambda_x^2-\lambda_1^2}-i_1^2}.$$

16.

$$c=2{,}0\sqrt{\frac{1\,000^2}{100{,}1^2-20{,}9^2}-2{,}56^2}=$$
$$=22{,}75\ \text{cm}.$$

17. Calculează distanța *a* (cotă de proiect) și rotunjește superior la 10 mm:

$$a=c-2e_1$$

(la profile I, $a=c$).

17.

$$a=22{,}75-2\cdot2{,}36=18{,}03\ \text{cm}=$$
$$=180{,}3\ \text{mm};$$

rotund, $a=190$ mm.

d. *Verificarea secțiunii în raport cu axa* $y-y$

18. Propune a_1, a_2, a_3 (fig. 5.11, *b*).

18. Se propune:

$$a_1=300\ \text{mm};\ a_2=220\ \text{mm};$$
$$a_3=20\ \text{mm}.$$

19. Calculează $l_1/2$ considerînd $\alpha=45^\circ$ și centrarea barelor ca în figura 5.11, *b*:

$$\frac{l_1}{2}=a+2b.$$

19.

$$\frac{l_1}{2}=190+2\cdot90=370\ \text{mm}.$$

20. Stabileşte numărul de panouri de înălţime aproximativ egală cu $l_1/2$, pe înălţimea liberă a stîlpului:

$$H'=H-(a_1+a_2+a_3).$$

20.

$$H'=10\,000-(300+220+20)=$$
$$=9\,460 \text{ mm}$$

Se împarte înălţimea H' astfel:
24 panouri $\times$ 365 mm $=$ 8 760 mm;
2 panouri $\times$ 350 mm $=$ 700 mm.

21. Calculează

21.

$$\sin\alpha=\frac{\frac{l_1}{2}}{\sqrt{\left(\frac{l_1}{2}\right)^2+(a+2b)^2}};$$

$$\sin\alpha=\frac{365}{\sqrt{365^2+370^2}}=0{,}702;$$

$$\cos\alpha=\frac{a+2b}{\sqrt{\left(\frac{l_1}{2}\right)^2+(a+2b)^2}}.$$

$$\cos\alpha=\frac{370}{\sqrt{365^2+370^2}}=0{,}712.$$

22. Calculează termenul:

$$\lambda_1=\sqrt{\frac{\pi^2}{\sin\alpha\cos^2\alpha}\cdot\frac{A}{A_d}};$$

22.

$$\lambda_1=\sqrt{\frac{3{,}14^2}{0{,}702\cdot0{,}712^2}\cdot\frac{96{,}6}{2\cdot3{,}08}}=20{,}8.$$

23. Calculează raza de inerţie:

$$i_y=\sqrt{i_1^2+\frac{c^2}{4}},$$

23.

$$i_y=\sqrt{2{,}56^2+\frac{23{,}72^2}{4}}=12{,}13 \text{ cm};$$

în care:

$$c=a+2e_1.$$

$$c=19{,}0+2\cdot2{,}36=23{,}72 \text{ cm}.$$

24. Calculează:

$$\lambda_y=\frac{H}{i_y};$$

24.

$$\lambda_y=\frac{1\,000}{12{,}13}=82{,}44.$$

25. Calculează coeficientul de zvelteţe transformată:

25.

$$\lambda_{ytr}=\sqrt{\lambda_y^2+\lambda_1^2}\leqslant\lambda_a.$$

$$\lambda_{ytr}=\sqrt{82{,}44^2+20{,}8^2}=85{,}02<120.$$

26. Din anexa 3, tabelul 3.39 scoate coeficientul de flambaj φ_{ytr}.

26. În funcţie de λ_{ytr}, curba B, oţel OL 37, rezultă:

$$\varphi_{ytr}=0{,}657.$$

27. Verifică condiţia de stabilitate:

27.

$$\frac{N}{\varphi_{ytr}A}\leqslant R.$$

$$\frac{1\,290\cdot10^3}{0{,}657\cdot96{,}6\cdot10^2}=203{,}3 \text{ N/mm}^2<R.$$

e. *Calculul zăbreluţelor* (v. schema 5.6)

28. Calculează forţa tăietoare

$$T=0{,}012\,AR.$$

28.

$$T=0{,}012\cdot96{,}6\cdot10^2\cdot220=25\,502 \text{ N}=$$
$$=25{,}5 \text{ kN}.$$

29. Calculează efortul axial în zăbreluță:

$$D=\frac{T}{2\cdot\cos\alpha}.$$

29.

$$D=\frac{25,5}{2\cdot 0,712}=17,91 \text{ kN}.$$

30. Calculează lungimea teoretică a zăbreluțelor:

$$l_d=\sqrt{\left(\frac{l_1}{2}\right)^2+(a+2b)^2}.$$

30.

$$l_d=\sqrt{365^2+370^2}=520 \text{ mm}.$$

31. Calculează coeficientul de zvelteţe al zăbreluței

$$\lambda=\frac{l_d}{i_{min}};$$

31.

$$\lambda=\frac{52,0}{0,78}=66,7.$$

32. Din anexa 3, tabelul 3.39 stabileşte coeficientul de flambaj, φ.

32. În funcție de λ, curba C, oțel OL 37, rezultă: $\varphi=0,710$.

33. Verifică condiția de stabilitate

$$\frac{D}{\varphi A_1}\leqslant mR;$$

$$m=0,75.$$

33.

$$\frac{17,91\cdot 10^3}{0,710\cdot 3,08\cdot 10^2}=81,9 \text{ N/mm}^2<0,75\,R.$$

f. *Calculul prinderii cu sudură a zăbrelușelor de solidarizare* (v. aplicația 8.9)

Alcătuirea stîlpului este reprezentată în figura 5.12, *b*.

APLICAȚIA 5.4. Să se dimensioneze stîlpul comprimat centric din figura 5.13, cunoscînd:

— efortul axial de calcul N=
=1 125 kN;

— marca oțelului folosit
OL 37;

— secțiunea stîlpului se va alcătui în două variante: secțiune chesonată din profile laminate (fig. 5.13, a) și secțiune I simetrică din tablă sudată (fig. 5.13, b).

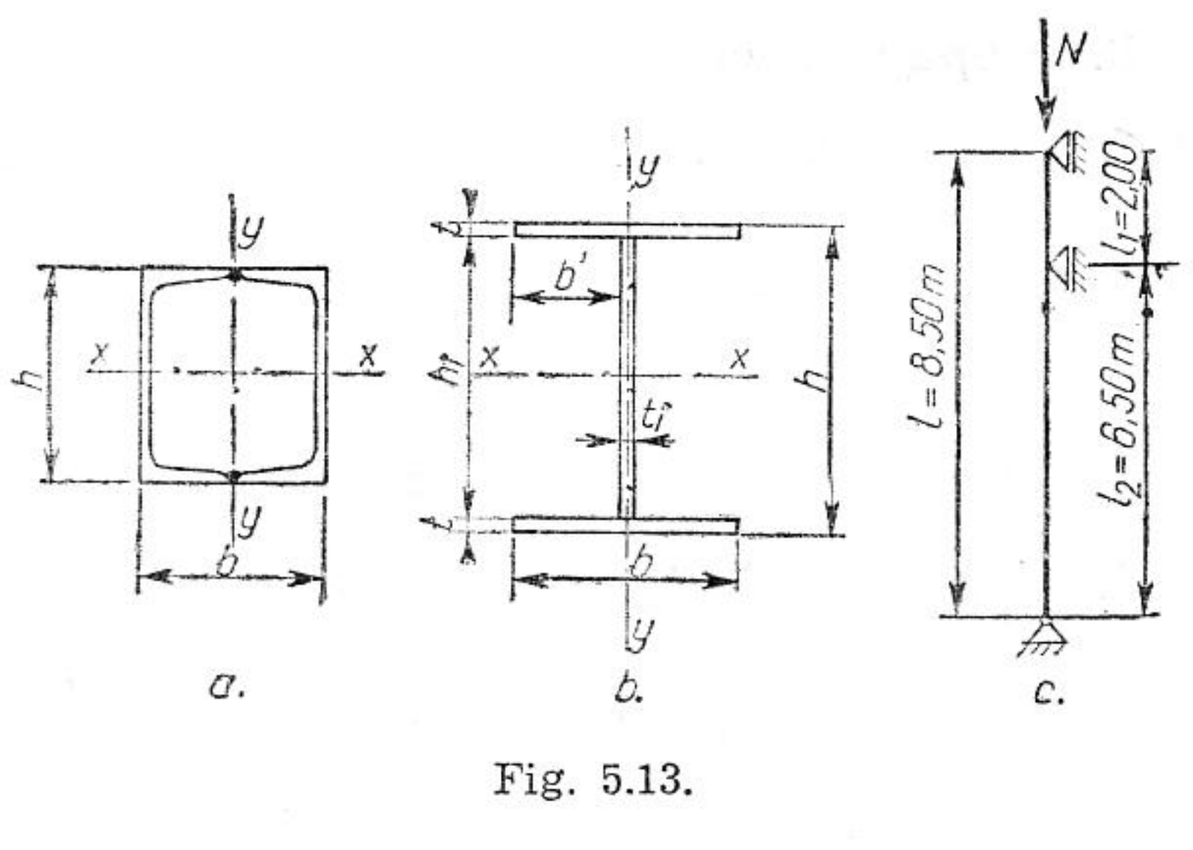


Fig. 5.13.

Rezolvare (v. schema 5.8)

A. *Stîlp cu secțiune chesonată din două profile laminate* (fig. 5.13, *a*)

1. Elemente cunoscute:
— efortul axial de calcul N;
— lungimea barei l;
— legăturile barei.

1.
— $N=1\,125$ kN;
— $l=8,50$ m;
— ca în figura 5.13, *c*.

a. *Alegerea secțiunii*

2. Propune:
— tipul secțiunii;

— marca oțelului.

2.
— se propune o secțiune ca în figura 5.13, *a*;
— oțel OL 37, $R=220$ N/mm².

3. Calculează lungimile de flambaj ale barei: l_{fx}, l_{fy} (v. anexa 3, tab. 3.44, pentru l_{fy}).

3. $l_{fx}=l=8{,}50$ m;

$l_{fy}=\alpha_1 \cdot l_2=0{,}8 \cdot 6{,}50=5{,}20$ m.

4. Din anexa 2, tabelul 2.20 scoate coeficienții de profil K_x, K_y.

4.

$K_x=1{,}00$ (pentru $h \geqslant 20$);

$K_y=1{,}90$ (pentru $t=0$).

5. Calculează coeficienții

$$\xi_x=l_{fx}\sqrt{\frac{K_x \cdot R}{N}};$$

$$\xi_y=l_{fy}\sqrt{\frac{K_y \cdot R}{N}};$$

5.

$$\xi_x=8\,500\sqrt{\frac{1 \cdot 220}{1\,125 \cdot 10^3}}=118{,}8;$$

$$\xi_y=5\,200\sqrt{\frac{1{,}9 \cdot 220}{1\,125 \cdot 10^3}}=100{,}2.$$

6. Din anexa 3, tabelul 3.39 stabilește coeficientul minim de flambaj în funcție de $max\,(\xi_x;\ \xi_y)$.

6. În funcție de $\xi_x=118{,}8$, curba *B*, oțel OL 37, rezultă:

$$\varphi=0{,}607.$$

7. Calculează aria necesară:

$$A_{nec}=\frac{N}{\varphi \cdot R}.$$

7.

$$A_{nec}=\frac{1\,125 \cdot 10^3}{0{,}607 \cdot 220}=8\,424\ \text{mm}^2=$$

$$=84{,}24\ \text{cm}^2.$$

8. Propune o secțiune cu

$$A_{ef} \approx A_{nec}.$$

8. Din anexa 2, tabelul 2.25 se alege o secțiune formată din două profile U 24 cu:

$A=84{,}6$ cm²; $i_x=9{,}22$ cm;

$i_y=6{,}72$ cm (pentru $a=2b$).

b. *Verificarea secțiunii*

9. Calculează coeficienții de zveltețe

$$\lambda_x=\frac{l_{fx}}{i_x} \leqslant \lambda_a;$$

$$\lambda_y=\frac{l_{fy}}{i_y} \leqslant \lambda_a.$$

9.

$$\lambda_x=\frac{850}{9{,}22}=92{,}2<120;$$

$$\lambda_y=\frac{520}{6{,}72}=77{,}4<120.$$

10. Din anexa 3, tabelul 3.39 stabilește coeficienții de flambaj;

$$\lambda_x \xrightarrow[\text{Oțel}\ \ldots]{\text{curba}\ \ldots} \varphi_x;$$

$$\lambda_y \xrightarrow[\text{Oțel}\ \ldots]{\text{curba}\ \ldots} \varphi_y.$$

10. Deoarece pentru secțiuni chesonate coeficienții de flambaj rezultă de pe curba *B*, în funcție de $\lambda_y=92{,}2$ se obține coeficientul minim de flambaj, $\varphi=0{,}607$.

11. Verifică condiția de stabilitate:

$$\frac{N}{\varphi A} \leqslant R.$$

11.

$$\frac{1\,125 \cdot 10^3}{0{,}607 \cdot 84{,}6 \cdot 10^2} = 219 \text{ N/mm}^2 < R.$$

B. *Stîlp cu secțiune I simetrică din tablă sudată* (fig. 5.13, *b*)

1. Elemente cunoscute:
— efortul axial de calcul N;
— lungimea barei;
— legăturile barei.

1.
— $N = 1\,125$ kN;
— $l = 8{,}50$ m;
— ca în figura 5.13, *c*.

a. *Alegerea secțiunii*

2. Propune:
— tipul secțiunii;
— marca oțelului.

2.
— se propune o secțiune ca în figura 5.13, *b*;
— OL 37, $R = 220$ N/mm².

3. Calculează lungimile de flambaj: l_{fx}, l_{fy} (pentru l_{fy}, vezi anexa 3, tab. 3.44).

3.

$$l_{fx} = 8{,}50 \text{ m};$$

$$l_{fy} = \alpha_1 \cdot l_2 = 0{,}8 \cdot 6{,}50 = 5{,}20 \text{ m}.$$

4. Propune parametrii:

$$n = \frac{h_i}{t_i} = (25 \ldots 50);$$

$$m = \frac{b}{t} = (20 \ldots 35).$$

4. Se propune:

$$n = 30;$$

$$m = 25.$$

5. Calculează coeficientul:

$$a = 2{,}2 \cdot \frac{n}{m} \cdot \left(\frac{l_{fy}}{l_{fx}}\right)^2;$$

5.

$$a = 2{,}2 \cdot \frac{30}{25} \cdot \left(\frac{5{,}20}{8{,}50}\right)^2 = 0{,}99.$$

6. Calculează parametrul:

$$\beta = 1{,}5\,a + \sqrt{a + 2{,}25\,a^2}.$$

6.

$$\beta = 1{,}5 \cdot 0{,}99 + \sqrt{0{,}99 + 2{,}25 \cdot 0{,}99^2} = 3{,}27.$$

7. Calculează coeficienții de profil:

$$K_x = \frac{12}{n} \cdot \frac{(1+\beta)^2}{1+3\beta};$$

$$K_y = \frac{24}{m} \cdot \left(\frac{1+\beta}{\beta}\right)^2.$$

7.

$$K_x = \frac{12}{30} \cdot \frac{(1+3{,}27)^2}{1+3 \cdot 3{,}27} = 0{,}67;$$

$$K_y = \frac{24}{25}\left(\frac{1+3{,}27}{3{,}27}\right)^2 = 1{,}64.$$

8. Calculează coeficienții:

$$\xi_x = l_{fx}\sqrt{\frac{K_x \cdot R}{N}};$$

$$\xi_y = l_{fy}\sqrt{\frac{K_y \cdot R}{N}}.$$

8.

$$\xi_x = 8\,500\sqrt{\frac{0{,}67 \cdot 220}{1\,125 \cdot 10^3}} = 97{,}3;$$

$$\xi_y = 5\,200\sqrt{\frac{1{,}64 \cdot 220}{1\,125 \cdot 10^3}} = 93{,}1.$$

9. Stabilește din anexa 3, tabelul 3.39 coeficienții de flambaj:

$$\xi_x \xrightarrow[\text{oțel } \ldots]{\text{curba } \ldots} \varphi_x;$$

$$\xi_y \xrightarrow[\text{oțel } \ldots]{\text{curba } \ldots} \varphi_y.$$

9.

$$\xi_x = \xrightarrow[\text{OL 37}]{\text{curba } A} \varphi_x = 0{,}733;$$

$$\xi_y \xrightarrow[\text{OL 37}]{\text{curba } B} \varphi_y = 0{,}701.$$

10. Stabilește coeficientul minim de flambaj:

$$\varphi = min\ (\varphi_x;\ \varphi_y).$$

10.

$$\varphi = 0{,}701.$$

11. Calculează aria necesară

$$A_{nec} = \frac{N}{\varphi \cdot R}.$$

11.

$$A_{nec} = \frac{1\,125 \cdot 10^3}{0{,}701 \cdot 220} = 7\,295 \text{ mm}^2 = 72{,}95 \text{ cm}^2.$$

12. Calculează dimensiunile secțiunii

$$h_i = \sqrt{nA \cdot \frac{1}{1+\beta}};$$

$$t_i = \frac{h}{n};$$

$$b = \sqrt{\frac{mA}{2} \cdot \frac{\beta}{1+\beta}};$$

$$t = \frac{b}{m}.$$

12.

$$h_i = \sqrt{30 \cdot 72{,}95 \cdot \frac{1}{1+3{,}27}} = 22{,}64;$$

$$t_i = \frac{22{,}64}{30} = 0{,}75 \text{ cm};$$

$$b = \sqrt{\frac{25 \cdot 72{,}95}{2} \cdot \frac{3{,}27}{1+3{,}27}} = 26{,}43 \text{ cm};$$

$$t = \frac{26{,}43}{25} = 1{,}06 \text{ cm}.$$

13. Propune o secțiune cu dimensiuni uzuale astfel încît să se păstreze valoarea ariei necesare și pe cît posibil valorile propuse pentru parametrii n, m și β.

13. Se propune secțiunea din figura 5.14, cu:

$$A = 72{,}8 \text{ cm}^2;\ i_x = 10{,}1 \text{ cm};$$

$$i_y = 7{,}1 \text{ cm}.$$

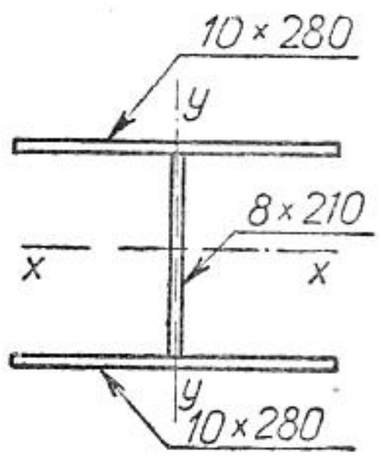


Fig. 5.14.

c. *Verificarea secțiunii*

14. Calculează coeficienții de zveltețe:

$$\lambda_x = \frac{l_{fx}}{i_x} \leqslant \lambda_a;$$

$$\lambda_y = \frac{l_{fy}}{i_y} \leqslant \lambda_a.$$

14.

$$\lambda_x = \frac{850}{10{,}1} = 84{,}2 < 120;$$

$$\lambda_y = \frac{520}{7{,}1} = 73{,}3 < 120.$$

15. Din anexa 3, tabelul 3.39 stabilește coeficienții de flambaj:

$$\lambda_x \xrightarrow[\text{oțel}\ldots]{\text{curba}\ldots} \varphi_x;$$

$$\lambda_y \xrightarrow[\text{oțel}\ldots]{\text{curba}\ldots} \varphi_y.$$

16. Stabilește coeficientul minim de flambaj

$$\varphi = min(\varphi_x;\ \varphi_y).$$

17. Verifică condiția de stabilitate:

$$\frac{N}{\varphi A} \leqslant R.$$

18. Verifică stabilitatea locală a pereților secțiunii (v. tab. 5.5):

$$\frac{h_i}{t_i} \leqslant 40\sqrt{\frac{210}{R}} + 0{,}4\lambda;$$

$$\frac{b'}{t} \leqslant K_1\sqrt{\frac{R\varphi}{\sigma}};$$

$$\sigma = \frac{N}{A}.$$

15.

$$\lambda_x \xrightarrow[\text{OL 37}]{\text{curba } A} \varphi_x = 0{,}731;$$

$$\lambda_y \xrightarrow[\text{OL 37}]{\text{curba } B} \varphi_y = 0{,}730.$$

16.

$$\varphi = 0{,}730.$$

17.

$$\frac{1\,125 \cdot 10^3}{0{,}730 \cdot 72{,}8 \cdot 10^2} = 211{,}7\ \text{N/mm}^2 < R.$$

18.

$$\left(\frac{h_i}{t_i}\right)_{ef} = \frac{210}{8} = 26{,}3;$$

$$\left(\frac{h_i}{t_i}\right)_{\text{lim}} = 40\sqrt{\frac{210}{220}} + 0{,}4 \cdot 84{,}2 = 72{,}8,$$

deci $\left(\frac{h_i}{t_i}\right)_{ef} < \left(\frac{h_i}{t_i}\right)_{lim}$;

$$\left(\frac{b'}{t}\right)_{ef} = \frac{280-8}{2 \cdot 10} = 13{,}6;$$

$$\left(\frac{b'}{t}\right)_{lim} = 17{,}2\sqrt{\frac{220 \cdot 0{,}730}{154{,}5}} = 17{,}5,$$

deci $\left(\frac{b'}{t}\right)_{ef} < \left(\frac{b'}{t}\right)_{lim}$.

CAPITOLUL 6

BARE SOLICITATE LA ÎNCOVOIERE

6.1. GENERALITĂȚI

Încovoierea este solicitarea caracteristică a grinzilor; în afară de încovoiere, grinzile sînt solicitate şi la forțe tăietoare, forțe locale care, împreună conduc la o stare de tensiuni complexă de care trebuie să se țină seama la alcătuirea și calculul secțiunii.

În general, la grinzile obișnuite solicitarea de încovoiere este dominantă în raport cu solicitarea la forța tăietoare și forțe locale; din această cauză se obișnuiește ca alegerea secțiunii să se facă ținînd seama numai de momentul încovoietor, celelalte solicitări intrînd în calcul doar în etapa de verificare a secțiunii care a fost propusă.

Calculul unei bare încovoiate este, în general, laborios datorită numărului mare de verificări care se efectuează: verificări de rezistență, stabilitate generală, stabilitate locală, oboseală, săgeată etc.

Alcătuirea barei în ansamblul ei și alcătuirea secțiunii trebuie să satisfacă, în condițiile unui consum redus de material și a unei execuții simple, toate condițiile cerute de verificarea acesteia.

6.2. TIPURI DE SECȚIUNI

În schema 6.1 şi figura 6.1 sînt clasificate şi exemplificate cîteva dintre secțiunile mai des utilizate.

6.3. VERIFICARE

6.3.1. VERIFICAREA DE REZISTENȚĂ

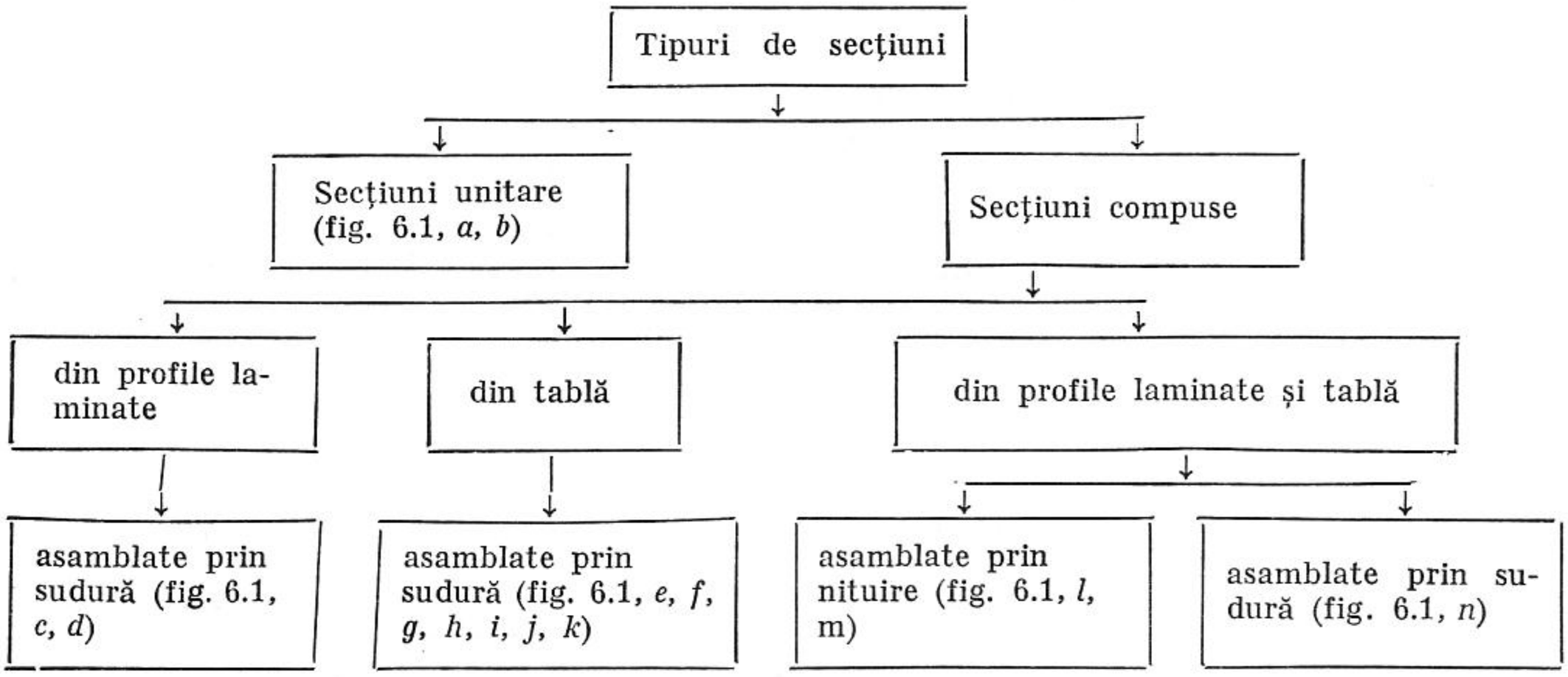
Barele solicitate la încovoiere pe o singură direcție (fig. 6.2) se verifică cu relațiile:

$$\sigma_{max} = \frac{M_x}{W_x^n} \leqslant R;$$

$$\tau_{max} = \frac{T \cdot S}{t_i \cdot I_x} \leqslant R_f;$$

Schema 6.1

Tipuri de secțiuni ale barelor încovoiate



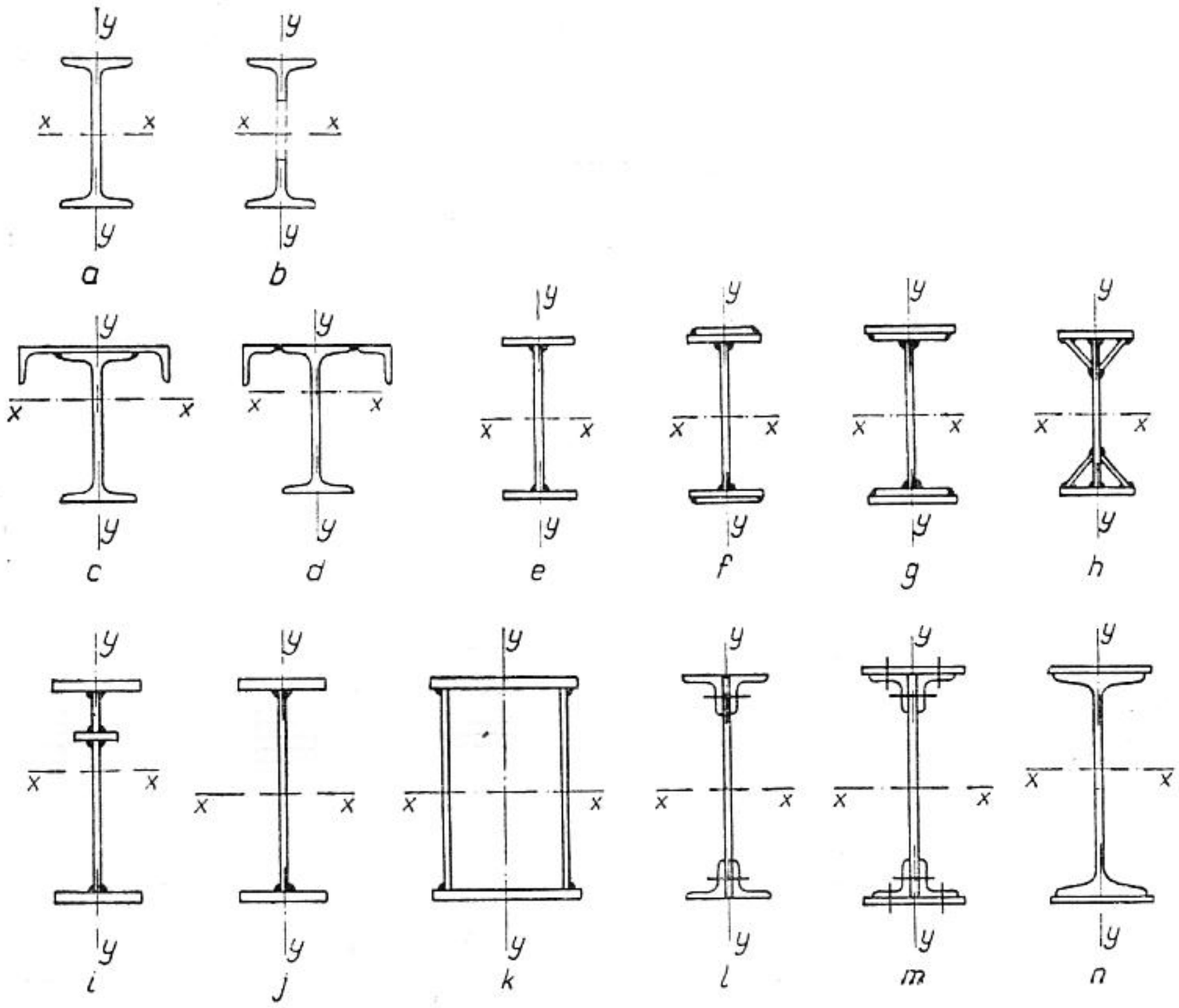


Fig. 6.1.

$$\sigma_l = \frac{P}{z \cdot t_1} \leqslant R;$$

$$\sigma_{ech} = \sqrt{\sigma^{*2} + 3\tau^2} \leqslant 1{,}1R;$$

$$\sigma_{ech} = \sqrt{\sigma^{*2} + \sigma_l^2 - \sigma^* \sigma_l + 3\tau^2} \leqslant 1{,}25R,$$

în care:

M_x, T reprezintă eforturi din încărcările de calcul;

W_x^n — modulul de rezistență care se determină ținînd seama de slăbirile din zona întinsă, neglijînd deplasarea axei neutre;

I_x — momentul de inerție brut al secțiunii;

S — momentul static al secțiunii care alunecă, în raport cu axa neutră;

P — încărcarea de calcul concentrată care produce tensiuni locale, σ_l (fig. 6.2, *f*, *g*);

z — lățimea zonei pe care se distribuie încărcarea P și care se calculează ca în figura 6.2, *f*, *g*, *h*;

σ^*, τ, σ_l — din relațiile de verificare a tensiunii echivalente σ_{ech} sînt tensiuni luate cu semnele lor, în același punct al secțiunii și care rezultă din M_x, T, P posibile simultan;

R, R_f — rezistențe de calcul ale oțelului folosit (anexa 3, tab. 3.5).

În cazul încovoierii pe două direcții se face și verificarea cu relația:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x^n} + \frac{M_y}{W_y^n} \leqslant 1{,}1\ R,$$

în care M_x și M_y sînt eforturi posibile simultan în aceeași secțiune: M_x maxim și M_y corespunzător, eventual M_y maxim și M_x corespunzător.

La grinzile cu tălpi egale (sau neegale dacă aria tălpii mai mici este mai mare decît 15% din aria secțiunii totale) se admite să se determine τ și cu relația (fig. 6.2, *d*).

$$\tau = \frac{T}{t_i \cdot h_i} \leqslant R_f.$$

În schema 6.2 este exemplificată verificarea de rezistență a unei secțiuni I, simetrică, solicitată la M_x, M_y, T, P.

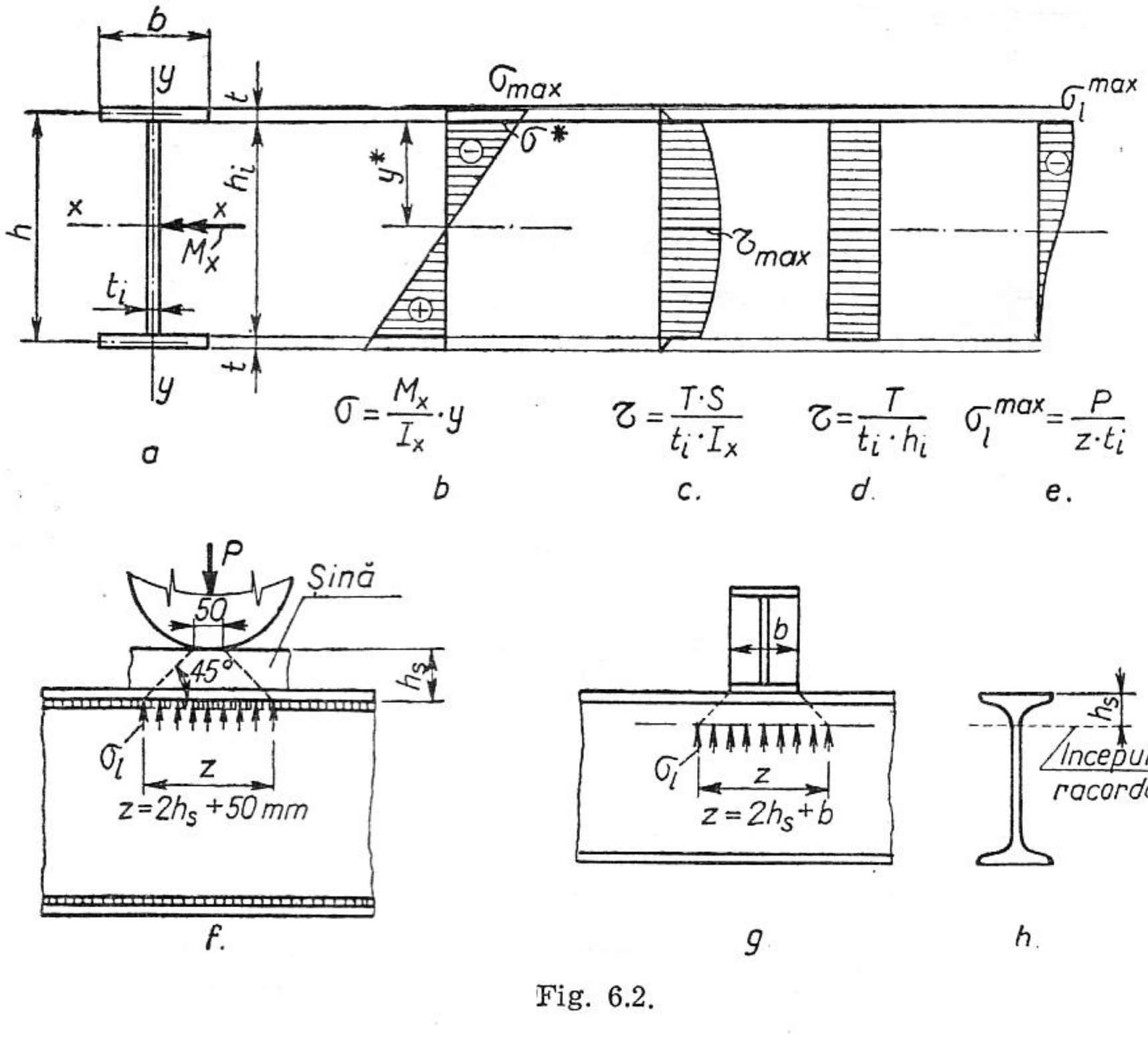


Fig. 6.2.

Schema 6.2

Verificarea de rezistenţă a barelor încovoiate (fig. 6.2, *a*, . . . *f*)

1. Elemente cunoscute:
   - eforturile M_x, M_y, T din încărcări de calcul;
   - încărcarea concentrată de calcul P;
   - forma şi dimensiunile secţiunii barei;
   - marca oţelului folosit

↓

2. Calculează caracteristicile secţiunii:
   - momentele de inerţie I_x, I_y;
   - modulele de rezistenţă W_x, W_y

↓

3. Verifică tensiunile normale:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x^n} \leqslant R;$$

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x^n} + \frac{M_y}{W_y^n} \leqslant 1{,}1\ R$$

↓

4. Verifică tensiunea tangenţială:

$$\tau = \frac{T}{t_i \cdot h_i} \leqslant R_f$$

↓

5. Verifică tensiunea locală:

$$\sigma_l = \frac{P}{z \cdot t_i} \leqslant R$$

↓

6. Verifică tensiunile echivalente:

$$\sigma_{ech} = \sqrt{\sigma^{*2} + 3\tau^2} \leqslant 1{,}1\ R$$

$$\sigma_{ech} = \sqrt{\sigma^{*2} + \sigma_l^2 - \sigma^* \sigma_l + 3\tau^2} \leqslant 1{,}25\ R$$

6.3.2. VERIFICAREA STABILITĂŢII GENERALE

Grinzile cu secţiune I şi legături transversale (fig. 6.3, *a*, *b*, *c*) nu se verifică la stabilitate generală dacă:

$l_1 \leqslant 40\ i_{yt}$, pentru oţel OL 37;

$l_1 \leqslant 35\ i_{yt}$, pentru OL 44, OL 52 şi alte mărci superioare,

unde:

l_1 reprezintă distanţa între legăturile transversale;

i_{yt} — raza de inerţie a tălpii comprimate în raport cu axa $y-y$.

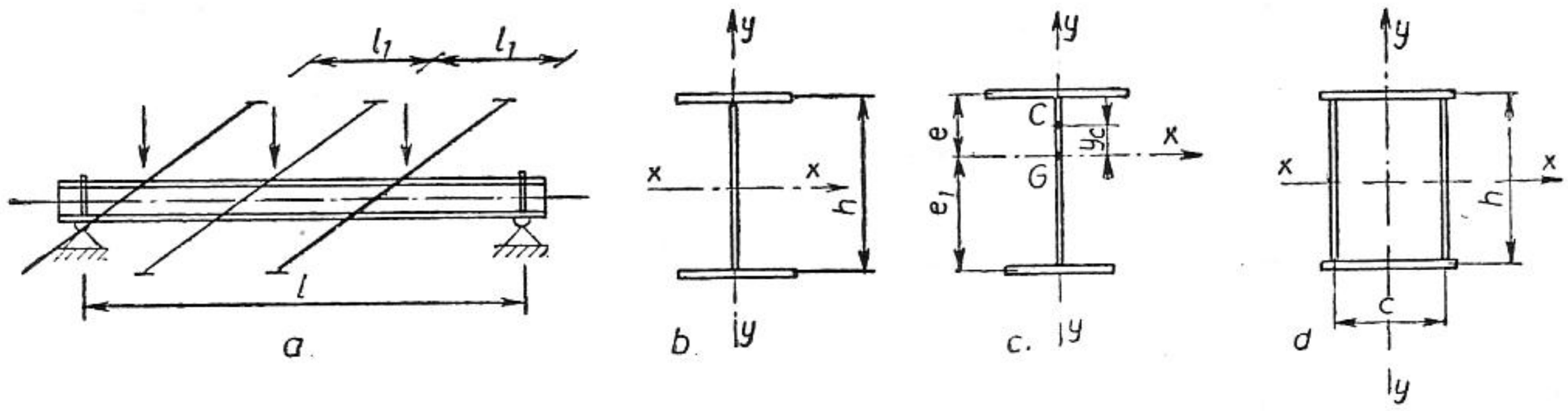


Fig. 6.3.

Grinzile cu secţiune cheson (fig. 6.3, *d*) şi legături transversale nu se verifică la stabilitate generală dacă:

$$\frac{l_1}{c} \leqslant 70 \cdot \sqrt{\frac{210}{R}};$$

$$\frac{h}{c} \leqslant 10,$$

unde:

l_1, h, c au semnificaţia din figura 6.3;

R — rezistenţa de calcul (în N/mm²) a oţelului folosit.

Grinzile cu legături transversale care nu satisfac condiţiile enumerate mai sus, precum şi grinzile fără legături transversale se verifică la stabilitatea generală cu relaţiile:

$\frac{M_x}{\varphi_g \cdot W_x} \leqslant R$, pentru încovoiere pe o singură direcţie;

$\frac{M_x}{\varphi_g \cdot W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leqslant 1{,}1\ R$, pentru încovoiere pe două direcţii,

unde:

M_x, M_y reprezintă momentele încovoietoare din încărcările de calcul; M_y se ia cu valoarea maximă din treimea mijlocie a barei, dar nu mai puţin de jumătate din valoarea sa maximă pe bară;

W_x, W_y — modulele de rezistenţă ale secţiunii brute;

φ_g — coeficient de flambaj care se stabileşte în funcţie de un coeficient de zvelteţe transformat λ_{tr} care se calculează ca în tabelul 6.1.

Tabelul 6.1

Nr. crt.	Tipul secţiunii	λ_{tr}		φ_g
		Grinzi cu legături transversale	Grinzi fără legături transversale	
1	Secţiunea I, simetrică (fig. 6.3, *b*)	$\frac{l_1}{i_{yt}\sqrt{\xi}}$	$\gamma \frac{\mu l}{i_y \sqrt{\xi}}$	Rezultă din anexa 3, tabelele 3.39...3.41, curba *B*, în funcţie de λ_{tr} şi marca oţelului folosit
2	Secţiunea I, nesimetrică (fig. 6.3, *c*)		$\gamma_1 \frac{\mu l}{i_y \sqrt{\xi}}$	

Termenii din tabelul 6.1 au următoarele semnificaţii:

l_1 reprezintă distanţa între legăturile transversale (fig. 6.3, *a*);

i_{yt} — raza de inerţie a tălpii comprimate în raport cu axa $y-y$ (fig. 6.3, *b*, *c*);

ξ — coeficient care rezultă din anexa 3, tabelul 3.24 în funcție de schema de încărcare; în cazul barelor cu legături transversale, M_1 și M_2 reprezintă momentele la extremitățile distanței l_1 dintre legăturile porțiunii ce se verifică;

l — lungimea barei.

i_y — raza de inerție a întregii secțiuni în raport cu axa $y-y$ (fig. 6.3, *b*, *c*).

Coeficientul γ are expresia:

$$\gamma=\sqrt{\frac{0{,}32}{\sqrt{\left(0{,}506\,\frac{v}{h}\,\mu^2\right)^2+0{,}25(\mu l/\mu_0 l_0)^2+0{,}039\,\mu^2\left(\frac{l}{h}\right)^2\cdot\frac{I_r}{I_y}}-0{,}506\,\frac{v}{h}\,\mu^2}}$$

Valoarea coeficientului γ se poate lua și direct din anexa 3, tabelul 3.25 în funcție de $\left(\frac{l}{h}\right)^2\frac{I_r}{I_y}$, de μ și poziția încărcării pe bară; în anexa 3, tabelul 3.25 s-a admis $\mu=\mu_0$ și $l=l_0$.

Coeficientul γ_1 are expresia:

$$\gamma_1=\sqrt{\frac{I_x}{eA\left[\sqrt{\left(0{,}506v\,\mu^2+\frac{r_x}{3}-y_c\right)^2+c^2}-\left(0{,}506v\mu^2+\frac{r_x}{3}-y_c\right)\right]}},$$

unde:

v reprezintă distanța de la nivelul de aplicare a încărcării pînă la axa barei; se introduce în relație cu semnul său față de sistemul de axe din figura 6.3, *b*, *c*;

h — înălțimea grinzii (fig. 6.3);

I_r — momentul de inerție la răsucire:

$$I_r=\frac{1}{3}\,\Sigma(b_i\cdot t_i^3);$$

I_y — momentul de inerție al secțiunii față de axa $y-y$;

y_c — distanța de la centrul de greutate la centrul de răsucire (fig. 6.3, *c*); expresiile termenului y_c sînt date în anexa 3, tabelul 3.42;

r_x — coeficient a cărui expresie este dată în anexa 3, tabelul 3.42;

c — coeficient care se calculează cu relația:

$$c^2=\frac{I_\omega(\mu l/\mu_0 l_0)^2+0{,}039\mu^2 l^2 I_r}{I_y};$$

I_ω — moment de inerție sectorial (v. anexa 3, tab. 3.42);

l — lungimea barei între reazeme;

l_0 — distanța între punctele în care este împiedicată, constructiv, răsturnarea barei;

μ — coeficient pentru stabilirea lungimii de flambaj;

μ_0 — coeficient care ține seama de gradul de împiedicare a deplanării secțiunii barei;

e — distanța de la centrul de greutate la axa tălpii comprimate din moment (fig. 6.3, *c*);

A — aria secțiunii brute a barei.

Coeficienții μ și μ_0 au valorile:

1,00 — cînd bara este articulată la capete și deplanarea secțiunii este liberă;

0,50 — cînd bara este încastrată la capete și deplanarea secțiunii este împiedicată;

0,70 — cînd bara este încastrată la un capăt și articulată la celălalt, iar deplanarea este, respectiv, împiedicată la un capăt și liberă la celălalt.

În cazul în care momentul încovoietor comprimă talpa mai puțin dezvoltată (fig. 6.3, *c*), coeficientul γ_1 se calculează cu relația:

$$\gamma_1 = \sqrt{\frac{I_x}{e_1 A\left[\sqrt{0{,}506 v \mu^2 - \frac{r_x}{3} + y_c + c^2} - \left(0{,}506 v \mu^2 - \frac{r_x}{3} + y_c\right)\right]}}.$$

În schema 6.3 este exemplificată verificarea stabilității generale a barelor solicitate la încovoiere.

Schema 6.3

Verificarea stabilității generale a barelor încovoiate

1. Elemente cunoscute:
   - schema statică, schema de încărcare și diagramele de eforturi
   - secțiunea barei
   - marca oțelului folosit R (anexa 3, tab. 3.5)

↓

2. Stabilește dacă este necesară verificarea stabilității generale (v. pct. 6.3.2)

↓

3. Calculează coeficientul de zvelțe transformat λ_{tr} (v. pct. 6.3.2)

↓

4. Stabilește, din anexa 3, tabelele 3.39 . . . 3.41, coeficientul de flambaj φ_g:

$$\lambda_{tr} \xrightarrow[\text{oțel} \ldots]{\text{curba } B} \varphi_g$$

↓

5. Verifică stabilitatea generală a grinzii:

$$\frac{M_x}{\varphi_g W_x} \leqslant R;$$

$$\frac{M_x}{\varphi_g W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leqslant 1{,}1\ R$$

6.3.3. VERIFICAREA STABILITĂȚII LOCALE

6.3.3.1. **Verificarea tălpii comprimate.** Verificarea se face cu relația:

$$\frac{b'}{t} \leqslant k_1,$$

în care:

b', t au semnificația din figura 6.4;

k_1 — coeficient care rezultă din anexa 3, tabelul 3.31 în funcție de marca oțelului.

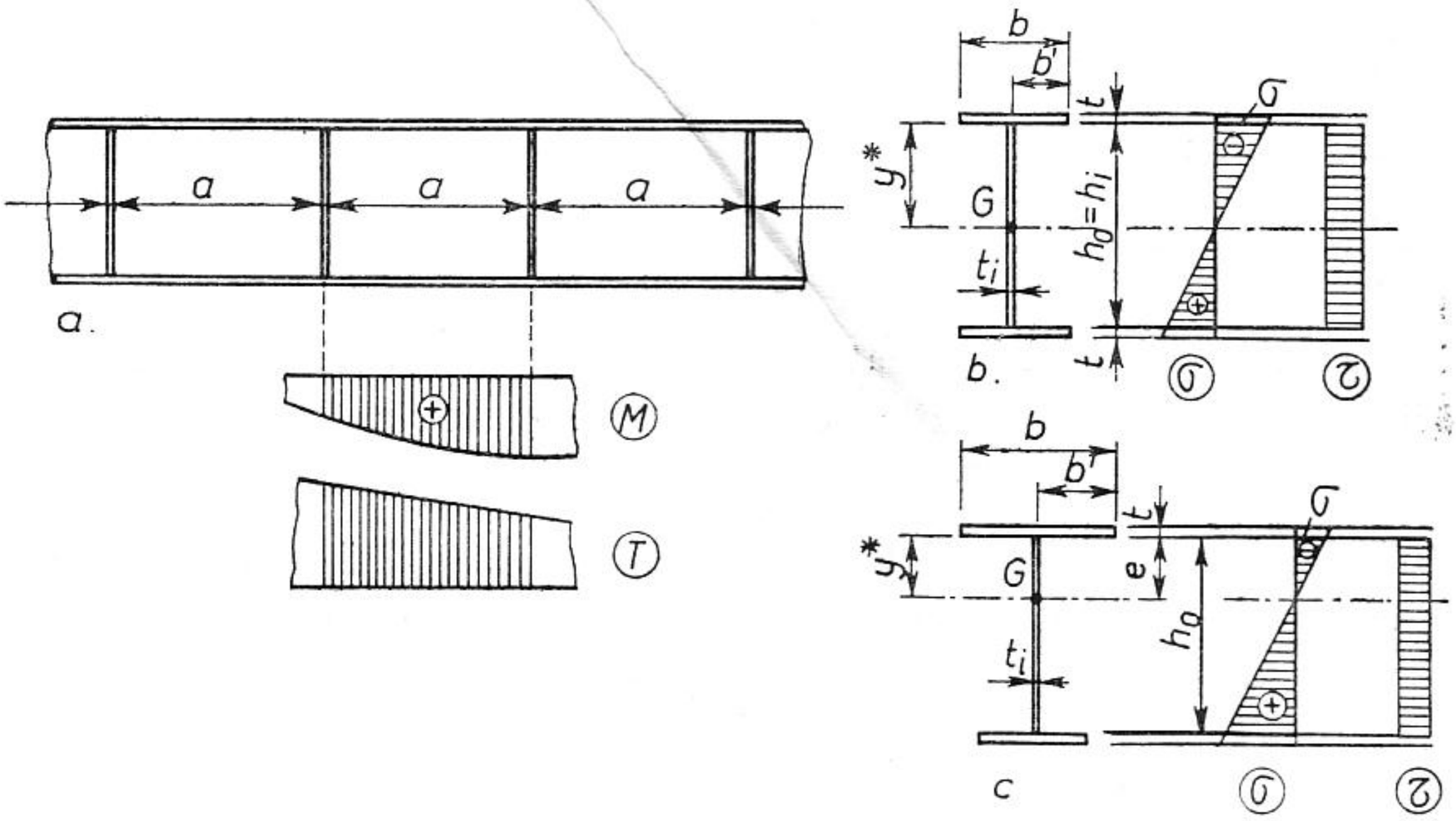


Fig. 6.4.

6.3.3.2. **Verificarea stabilității locale a inimilor grinzilor care nu sînt supuse la încărcări mobile.** Verificarea de stabilitate nu este necesară dacă:

$$\frac{h_0}{t_i} \leqslant 110\sqrt{\frac{210}{R}},$$

în care:

h_0, t_i au semnificația din figura 6.4;

R — rezistența de calcul a oțelului folosit, în N/mm².

Inimile grinzilor cu secțiune I simetrică (fig. 6.4, *a*, *b*) și I nesimetrică avînd talpa mai dezvoltată comprimată (fig. 6.4, *a*, *c*), cu rigidizări transversale, se verifică cu relația:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}}\right)^2+\left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} \leqslant 1,$$

în care:

σ reprezintă tensiunea de compresiune la contactul între inimă și talpă; cînd $a \leqslant h_0$, σ se calculează cu valoarea medie a momentului încovoietor pe lungimea panoului; cînd $a > h_0$, σ se calculează cu valoarea medie a momentului pe o lungime egală cu h_0, în zona cea mai solicitată a panoului;

τ — tensiunea tangențială calculată cu relația:

$$\tau = \frac{T}{t_i \cdot h_i};$$

σ_{cr}, τ_{cr} — tensiuni critice de voalare, calculate cu relațiile (v. și tabelul 6.3, *cazul I*):

$\sigma_{cr} = 7\,000\left(\frac{t_i}{h_0}\right)^2 \cdot 10^3$ (N/mm²), pentru inimile grinzilor cu secțiunea I simetrică;

$\sigma_{cr} = 7\,000\left(\frac{t_i}{2e}\right)^2 \cdot 10^3$ (N/mm²), pentru inimile grinzilor cu secțiune I nesimetrică, talpa mai dezvoltată fiind comprimată;

$$\tau_{cr}=\left(1\,250+\frac{950}{\alpha^2}\right)\left(\frac{t_i}{d}\right)^2\cdot 10^3;\ [\mathrm{N/mm^2}]$$

$d=min\ (a;\ h_0)$;

$$\alpha=\frac{latura\ mare\ a\ panoului}{latura\ mică\ a\ panoului}.$$

În schema 6.4 este exemplificată succesiunea operațiilor necesare verificării stabilității locale a inimii grinzilor cu rigidizări transversale pe toată înălțimea inimii.

6.3.3.3. **Verificarea stabilității locale a inimilor grinzilor care sînt supuse și la încărcări concentrare mobile.** Verificarea de stabilitate nu este necesară dacă:

$$\frac{h_0}{t_i}\leqslant 80\sqrt{\frac{210}{R}},$$

în care:

h_0, t_i au semnificația din figura 6.4;

R — rezistența de calcul a oțelului folosit, în $\mathrm{N/mm^2}$.

Grinzile cu secțiune I simetrică sau nesimetrică avînd talpa mai dezvoltată comprimată, cu rigidizări transversale pe toată înălțimea inimii (fig. 6.4), forța concentrată fiind aplicată la talpa comprimată, se verifică cu relația:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}}+\frac{\sigma_l}{\sigma_{lcr}}\right)^2+\left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2}\leqslant 0{,}9,$$

în care:

σ și τ — se calculează ca la pct. 6.3.3.2;

σ_l — tensiunea locală: se calculează ca la pct. 6.3.1 (fig. 6.2, *e*, *f*);

$\sigma_{cr}, \sigma_{lcr}, \tau_{cr}$ — tensiunile critice de pierdere a stabilității locale care au expresiile din tabelul 6.3 (*cazurile 2* și *3*) în funcție de tipul secțiunii, dimensiunile panoului, rapoartele $\frac{a}{h_0}$ și $\frac{\sigma_l}{\sigma}$.

La grinzile cu secțiune simetrică, în panourile în care forța concentrată mobilă este aplicată la talpa întinsă se fac două verificări:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}}\right)^2+\left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2}\leqslant 0{,}9;$$

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_l}{\sigma_{lcr}}\right)^2+\left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2}\leqslant 0{,}9.$$

La grinzile cu secțiune nesimetrică cu talpa întinsă mai dezvoltată (neîncărcată) — cazul panourilor de reazem la grinzile continue — se determină o valoare h_0/t_i maximă cu relațiile date în tabelul 6.3, pct. 4.

În tabelul 6.2 sînt sintetizate relațiile pentru verificarea stabilității locale a inimilor grinzilor, iar în tabelul 6.3 sînt date relațiile pentru calculul tensiunilor critice.

Schema 6.4

Verificarea stabilității locale a inimilor grinzilor care nu sînt supuse la încărcări mobile

1. Elemente cunoscute:
   - diagramele M, T (din încărcări de calcul) (fig. 6.4, *a*);
   - secțiunea grinzii și pozițiile rigidizărilor transversale (fig. 6.4);
   - marca oțelului folosit R (anexa 3, tab. 3.5)

↓

2. Stabilește dacă este necesară verificarea de stabilitate locală:
   - dacă $\frac{h_0}{t_i} \leqslant 110\sqrt{\frac{210}{R}}$, verificarea nu este necesară

↓

3. Stabilește eforturile medii în panou (M, T):
   - pe o lungime egală cu a, cînd $a \leqslant h_0$;
   - pe o lungime egală cu h_0, cînd $a > h_0$, în zona cea mai solicitată a panoului

↓

4. Calculează tensiunile:

$$\sigma = \frac{M}{I_x} \cdot y^*;$$

$$\tau = \frac{T}{t_i h_i}$$

↓

5. Stabilește:

   d (latura mică a panoului)

$$\alpha = \frac{\textit{latura mare a panoului}}{\textit{latura mică a panoului}}$$

↓

6. Calculează tensiunile critice (v. și tabelul 6.3):

$\sigma_{cr} = 7\,000 \cdot \left(\frac{t_i}{h_0}\right)^2 \cdot 10^3$, pentru secțiuni simetrice (fig. 6.4, *b*);

$\sigma_{cr} = 7\,000 \cdot \left(\frac{t_i}{2e}\right)^2 \cdot 10^3$, pentru secțiuni nesimetrice (fig. 6.4, *c*);

$\tau_{cr} = \left(1\,250 + \frac{950}{\alpha^2}\right) \cdot \left(\frac{t_i}{d}\right)^2 \cdot 10^3$

↓

7. Verifică condiția de stabilitate locală:

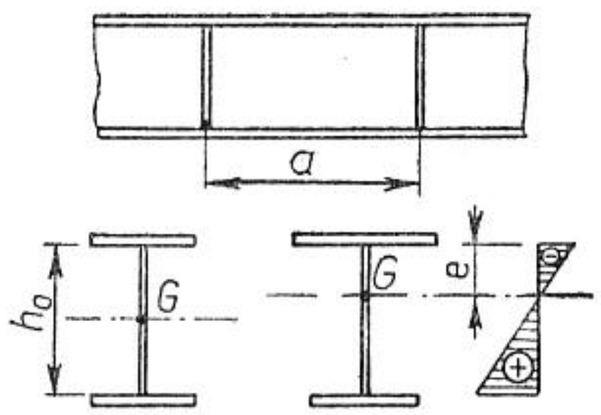
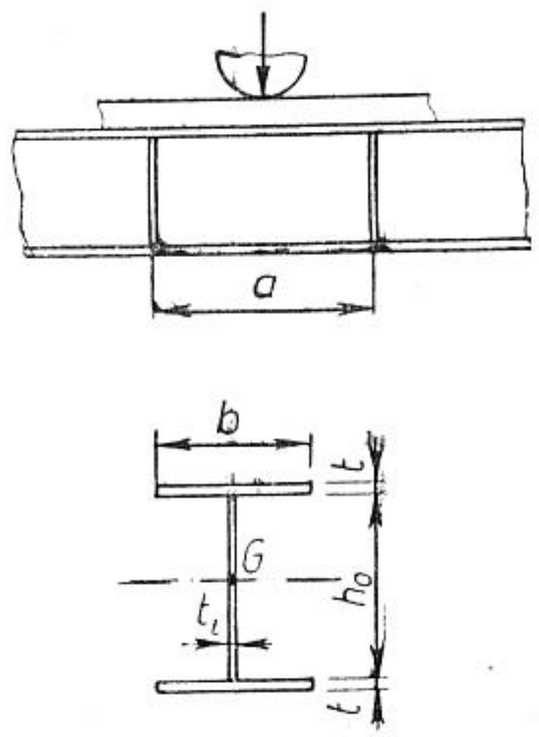
$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} \leqslant 1$$

Tabelul 6.2

Relații pentru verificarea stabilității locale a inimilor cu ridigizări transversale

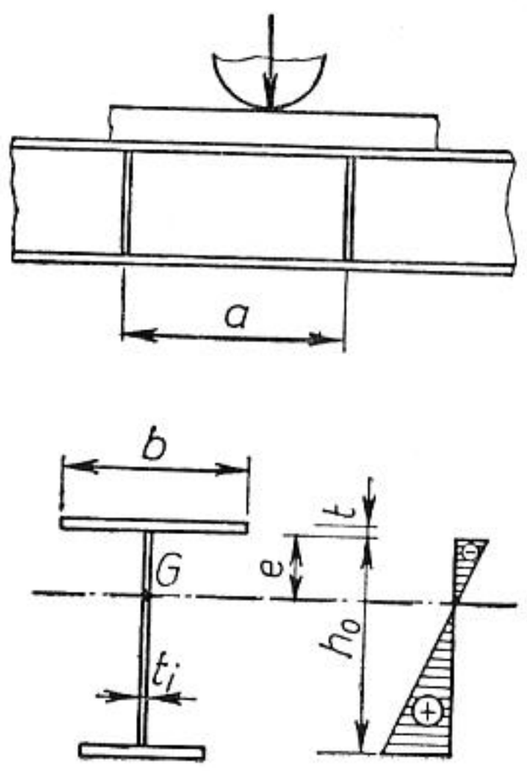
Caracteristica de încărcare	Tipul secțiunii, poziția forței concetrate, diagrame de tensiuni	Relații de verificare
Grinzi care nu sînt supuse la încărcări concentrate mobile; verificarea stabilității locale a inimii este necesară dacă $\frac{h_0}{t_i} > 110\sqrt{\frac{210}{R}}$	1. Secțiune I, simetrică	$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} \leqslant 1$
	2. Secțiune I nesimetrică; talpa mai dezvoltată este comprimată	
Grinzi supuse și la încărcări concentrate mobile; verificarea stabilității locale a inimii este necesară dacă $\frac{h_0}{t_i} > 80\sqrt{\frac{210}{R}}$	3. Secțiune I simetrică; forța concentrată se află la talpa comprimată	$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}} + \frac{\sigma_l}{\sigma_{lcr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} \leqslant 0{,}9$
	4. Secțiune I simetrică; forța concentrată se află la talpa întinsă	$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} \leqslant 0{,}9$ $\sqrt{\left(\frac{\sigma_l}{\sigma_{lcr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} \leqslant 0{,}9$
	5. Secțiune I nesimetrică; forța concentrată se află la talpa comprimată mai dezvoltată	$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}} + \frac{\sigma_l}{\sigma_{lcr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} \leqslant 0{,}9$
	6. Secțiune I nesimetrică; forța concentrată se află la talpa întinsă mai dezvoltată	$\frac{h_0}{t_i} \leqslant \sqrt{\frac{20 \cdot k_3}{\sigma\,(2 - \psi + \sqrt{\psi^2 + 4\beta^2})}}$ (v. tab. 6.3, cazul 4)

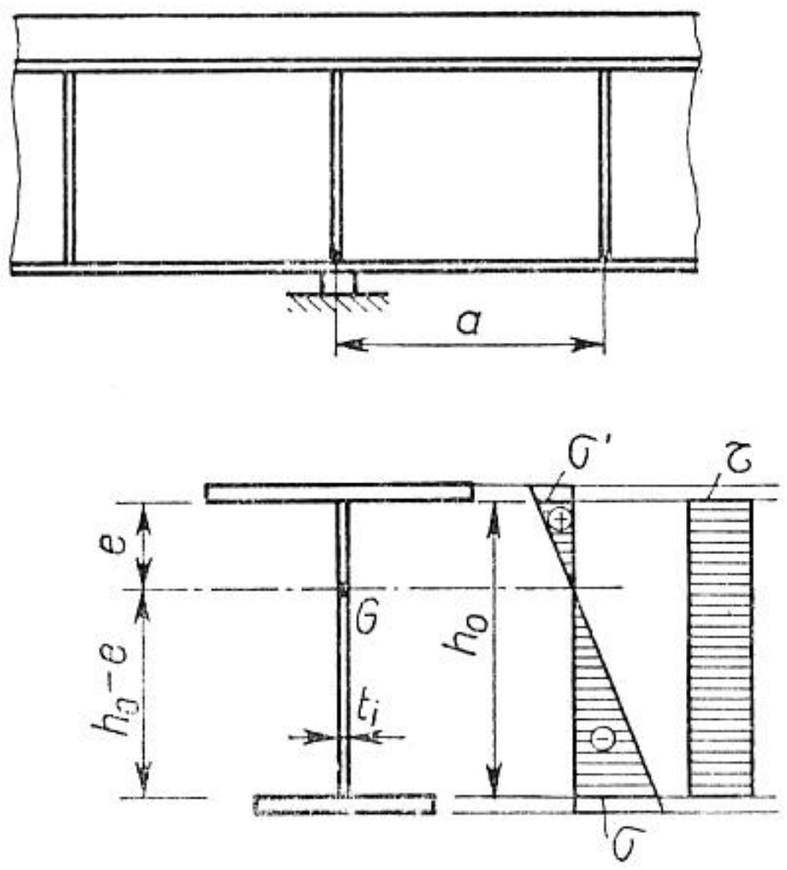
Relații pentru calculul tensiunilor critice necesare verificării de stabilitate a inimilor grinzilor cu rigidizări transversale*

Nr. crt.	Schema de rigidizări și secțiunea grinzii			Expresiile tensiunilor critice (N/mm²)		
				σ_{cr}	τ_{cr}	σ_{lcr}
a) Grinzi care nu sînt solicitate la încărcări concentrate mobile						
1.		secțiuni simetrice		$\sigma_{cr}=7\,000\left(\frac{t_i}{h_0}\right)^2\cdot10^3$	$\tau_{cr}=\left(1\,250+\frac{950}{\alpha^2}\right)\cdot\left(\frac{t_i}{d}\right)^2\cdot10^3$ d — latura mică a panoului; $\alpha=\frac{\text{latura mare}}{\text{latura mică}}$	—
		secțiuni nesimetrice		$\sigma_{cr}=7\,000\left(\frac{t_i}{2e}\right)^2\cdot10^3$		
b) Grinzi solicitate și la încărcări concentrate mobile						
2.	Grinzi cu secțiune simetrică 	$\frac{a}{h_0}\leqslant0{,}8$	$\sigma_i=0$; $\sigma_i\neq0$	$\sigma_{cr}=k_0\left(\frac{t_i}{h_0}\right)^2\cdot10^3$ k_0 rezultă din anexa 3, tabelul 3.27 în funcție de $\gamma=c\frac{b}{h_0}\left(\frac{t}{t_i}\right)^3$ $c=2{,}0$ — cînd șina nu este sudată de grindă; $c=\infty$ — cînd șina este sudată de grindă	idem cazul 1, cu dimensiunile reale ale panoului	$\sigma_{lcr}=k_1\left(\frac{t_i}{a}\right)^2\cdot10^3$ k_1 rezultă din anexa 3, tabelul 3.30 în funcție de $\frac{a}{h_0}$ și γ
		$\frac{a}{h_0}>0{,}8$	σ_i/σ are valori mai mici decît cele din anexa 3, tabelul 3.28			$\sigma_{lcr}=k_1\left(\frac{t_i}{a/2}\right)^2\cdot10^3$ k_1 rezultă din anexa 3, tabelul 3.30 în funcție de γ și $\frac{a}{2h_0}$ (în loc de $\frac{a}{h_0}$)

Tabelul 6.3 (continuare)

Relații pentru calculul tensiunilor critice necesare verificării de stabilitate a inimilor grinzilor cu rigidizări transversale*

Nr. crt.	Schema de rigidizări și secțiunea grinzii			Expresiile tensiunilor critice (N/mm²)		
				σ_{cr}	τ_{cr}	σ_{lcr}
		$\frac{a}{h_0} > 0{,}8$	σ_i/σ are valori mai mari decît cele din anexa 3, tabelul 382.	$c=0{,}8$, cînd forța concentrată mobilă se aplică la talpa întinsă (numai pentru stabilirea coeficientului k_0)		
				$\sigma_{cr}=k_2\left(\frac{t_i}{h_0}\right)^2\cdot 10^3$ k_2 rezultă din anexa 3, tabelul 3.29 în funcție de $\frac{a}{h_0}$		$\frac{a}{h_0}\leqslant 2$: $\sigma_{lcr}=k_1\left(\frac{t_i}{a}\right)^2\cdot 10^3$ $\frac{a}{h_0}>2$: $\sigma_{lcr}=k_1\left(\frac{t_i}{2h_0}\right)^2\cdot 10^3$ k_1 rezultă, în ambele cazuri, din anexa 3, tabelul 3.30 în funcție de a/h_0 și γ
3.	Grinzi cu secțiune nesimetrică, talpa mai dezvoltată fiind comprimată 	$\frac{a}{h_0}\leqslant 0{,}8$	$\sigma_i=0$; $\sigma_i\neq 0$	$\sigma_{cr}=k_0\left(\frac{t_i}{2e}\right)^2\cdot 10^3$ k_0 rezultă din anexa 3, tabelul 3.27 în funcție de $\gamma=c\frac{b}{h_0}\left(\frac{t}{t_i}\right)^3$ Coeficientul c are aceleași valori ca în cazul 2		$\sigma_{lcr}=k_1\left(\frac{t_i}{a}\right)^2\cdot 10^3$ k_1 rezultă din anexa 3, tabelul 3.30 în funcție de $\frac{a}{h_0}$ și γ
			σ_i/σ are valori mai mici decît cele din anexa 3, tabelul 3.28			$\sigma_{lcr}=k_1\left(\frac{t_i}{\frac{a}{2}}\right)^2\cdot 10^3$ k_1 rezultă din anexa 3, tabelul 3.30 în funcție de γ și $\frac{a}{2h_0}$ (în loc de $\frac{a}{h_0}$)

<table>
<tr>
<td>3.</td>
<td></td>
<td>$\frac{a}{h_0}>0{,}8$</td>
<td>σ_i/σ are valori mai mari decît cele din anexa 3, tabelul 3.28</td>
<td>$\sigma_{cr}=k_2\left(\frac{t_i}{2e}\right)^2\cdot 10^3$
k_2 rezultă din anexa 3, tabelul 3.29 în funcție de $\frac{a}{2e}$ (în loc de $\frac{a}{h_0}$)</td>
<td>Idem cazul 1, cu dimensiunile reale ale panoului</td>
<td>$\frac{a}{h_0}\leqslant 2$: $\sigma_{lcr}=k_1\left(\frac{t_i}{a}\right)^2\cdot 10^3$
$\frac{a}{h_0}>2$: $\sigma_{lcr}=k_1\left(\frac{t_i}{2h_0}\right)^2\cdot 10^3$
k_1 rezultă în ambele cazuri din anexa 3, tabelul 3.30 în funcție de γ și $\frac{a}{h_0}$.</td>
</tr>
<tr>
<td>4.</td>
<td>Grinzi cu secțiune nesimetrică, talpa mai dezvoltată fiind întinsă
 
</td>
<td colspan="4">$\left(\frac{h_0}{t_i}\right)_{max}=100\sqrt{\frac{20\cdot k_3}{\sigma(2-\psi+\sqrt{\psi^2+4\beta^2})}}$; $[\sigma]=\mathrm{N/mm^2}$
în care:
$\psi=\frac{\sigma-\sigma'}{\sigma}$; $\sigma=-\frac{M_x}{I_x}\cdot(h_0-e)$; $\sigma'=+\frac{M_x}{I_x}\cdot e$
$\beta=\frac{0{,}07\cdot\tau\cdot k_3}{\sigma}$: $\tau=\frac{T}{h_0 t_i}$
<table><tr><td>ψ</td><td>1,0</td><td>1,2</td><td>1,4</td><td>1,6</td><td>1,8</td><td>2,0</td></tr><tr><td>k_3</td><td>22,2</td><td>26,7</td><td>32,6</td><td>42,0</td><td>52,5</td><td>63,0</td></tr></table></td>
</tr>
</table>

* Pentru alte cazuri vezi STAS 10108/0-78.

6.3.4. VERIFICAREA SĂGEȚII

Verificarea se poate face ca în schema 6.5.

Schema 6.5

Verificarea săgeții grinzilor încovoiate (fig. 6.5)

1. Elemente cunoscute:
   - deschiderea grinzii;
   - poziția încărcărilor normate care produc săgeata maximă;
   - marca oțelului folosit;
   - momentul de inerție brut I

↓

2. Izolează deschiderea (dacă este grindă continuă) în care se verifică săgeata, introducînd pe reazeme momentele de continuitate corespunzătoare poziției încărcărilor care produc săgeata maximă

↓

3. Calculează săgeata maximă

↓

a. Prin metoda aproximativă (suficient pentru nevoile practice curente), pentru grinzi cu secțiune constantă

↓

a.1. Folosind anexa 4, tabelele 4.5 . . . 4.9, stabilește M și α pentru fiecare tip de încărcare

↓

a.2. Calculează săgeata cu formula

$$f = \frac{l^2}{10I} \Sigma \alpha M,$$

unde:

$[l]$=m; $[I]$=cm^4; $[M]$=kNm; $[f]$=cm

Valorile coeficientului sînt corespunzătoare săgeții la mijlocul grinzii

↓

a.3. Calculează săgeata admisibilă (anexa 3, tabelul 3.10)

↓

a.4. Verifică îndeplinirea condiției:

$$f \leqslant f_a$$

b. Prin metoda generală, exactă, a integrării

↓

b.1. Stabilește diagrama de momente încovoietoare M_r dată de momentul de pe reazeme

↓

b.2. Stabilește diagrama de momente încovoietoare M_p, dată de încărcările din cîmpul izolat

↓

b.3. Stabilește diagrama de momente încovoietoare m, dată de încărcarea cu o forță unitară în secțiunea în care se verifică săgeata, pe schema grinzii simplu rezemate

↓

b.4. Calculează săgeata dată de M_r:

$$f_r = \int \frac{M_r \cdot m \cdot \mathrm{d}s}{EI}$$

↓

b.5. Calculează săgeata dată de M_p:

$$f_p = \int \frac{M_p \cdot m \cdot \mathrm{d}s}{EI}$$

↓

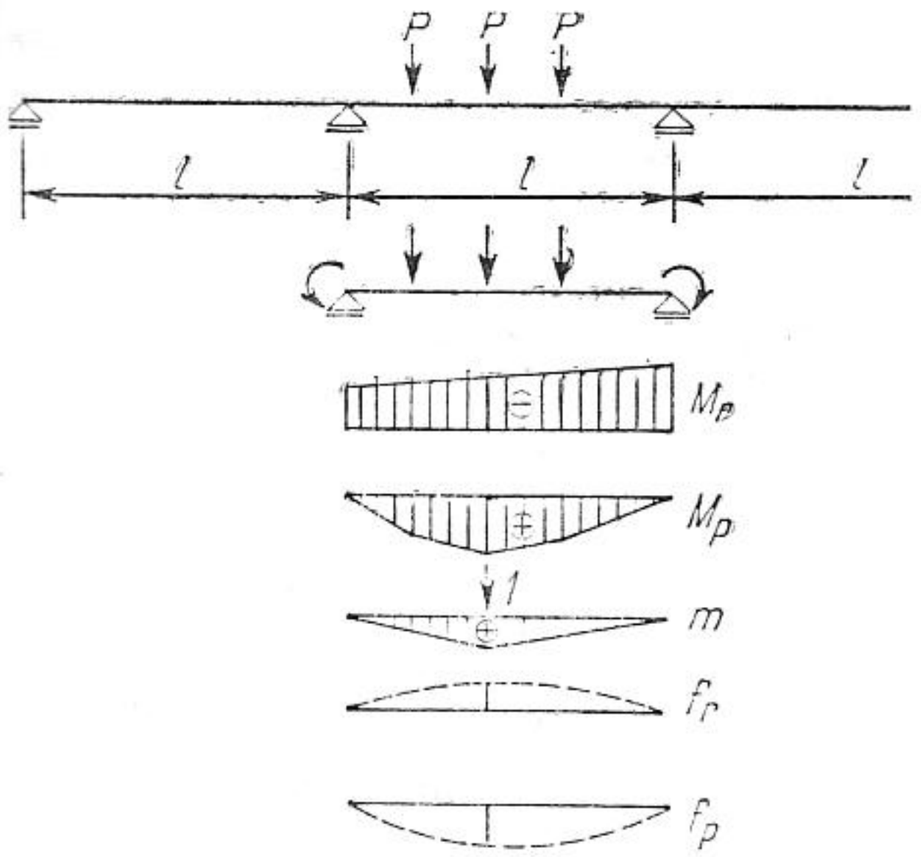


Fig 6.5.

Schema 6.5 (*continuare*)

↓

b.6. Calculează săgeata efectivă:

$f = f_p + f_r$

f_p, f_r își conțin semnele

↓

b.7. Calculează săgeata admisibilă (anexa 3, tab. 3.10)

↓

b.8. Verifică îndeplinirea condiției:

$f \leqslant f_a$

Observații: Efectuarea integralelor se face cu ușurință folosind anexa 4, tabelul 4.10. Săgețile se calculează considerînd valorile statice ale încărcărilor.

6.3.5. VERIFICAREA LA OBOSEALĂ

Se verifică la oboseală următoarele elemente de construcții:

— grinzile căilor de rulare ale podurilor rulante încadrate la grupele de funcționare III, IV și V;

— grinzile platformelor pe care sînt încărcări mobile sau sînt așezate utilaje care produc vibrații;

— elementele estacadelor care suportă convoaie mobile;

— se verifică, în general, elemente de construcții supuse direct acțiunii unor încărcări care conduc la tensiuni variabile și repetate.

Tensiunile se determină pe baza încărcărilor normate, fără să se aplice coeficienții dinamici, coeficienții de flambaj φ și coeficienții φ_g de pierdere a stabilității generale.

În cazul grinzilor căilor de rulare ale podurilor rulante se consideră un singur pod rulant și anume acela cu presiunile cele mai mari pe roată; pentru alte elemente de construcții se consideră un singur convoi mobil sau un utilaj care dă vibrații sau eforturi variabile și anume acela care produce tensiunile cele mai mari.

Verificarea la oboseală se face cu relația:

$$\sigma \leqslant \gamma R,$$

unde:

$\gamma = \frac{c}{a - b \cdot \rho}$ — cînd tensiunea maximă, în valoare absolută, este de întindere;

$\gamma = \frac{c}{b - a\rho}$ — cînd tensiunea maximă, în valoare absolută este de compresiune;

a, b, c — coeficienți care rezultă din anexa 3, tabelul 3.34, pe baza indicațiilor din anexa 3, tabelul 3.35; în cazul grinzilor căilor de rulare, dacă nu se dispune de date mai exacte, numărul ciclurilor anuale se poate lua egal cu:

— 0,5 milioane pentru grupa de funcționare III;
— 1,0 milion pentru grupa de funcționare IV;
— 2,0 milioane pentru grupa de funcționare V.

Caracteristica ciclului ρ se calculează cu relația:

$$\rho = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$$

unde σ_{min}, σ_{max} este tensiunea minimă, respectiv tensiunea maximă.

În schema 6.6 sînt indicate etapele necesare unei verificări la oboseală.

Schema 6.6

Verificarea la oboseală

1. Elemente cunoscute:
   — marca oțelului folosit R (anexa 3, tab. 3.5);
   — numărul de cicluri

↓

2. Stabilește secțiunea de calcul $a-a$, caracteristica secțiunii și grupa elementului (anexa 3, tabelul 3.35)

↓

3. Stabilește coeficienții a, b, c (anexa 3, tabelul 3.34)

↓

4. Calculează efortul maxim și efortul minim în secțiunea de calcul

↓

5. Calculează tensiunile σ_{max} și σ_{min}

↓

6. Calculează coeficientul:

$$\rho = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$$

↓

7. Calculează coeficientul:

$\gamma = \dfrac{c}{a - b\rho}$, cînd tensiunea maximă, în valoare absolută, este de întindere;

$\gamma = \dfrac{c}{b - a\rho}$, cînd tensiunea maximă, în valoare absolută, este de compresiune

↓

8. Verifică condiția: $\sigma \leqslant \gamma R$

6.4. DIMENSIONARE

Dimensionarea secțiunii elementelor solicitate la încovoiere are, în general, un caracter iterativ; dimensiunile inițiale ale secțiunii rezultă, din condiția ca tensiunea maximă din momentul încovoietor să nu depășească rezistența de calcul a mate-

rialului. Etapa de verificare a secțiunii poate impune modificări ale dimensiunilor stabilite inițial; se reține secțiunea care satisface toate verificările: de rezistență, stabilitate generală și locală, oboseală, săgeată.

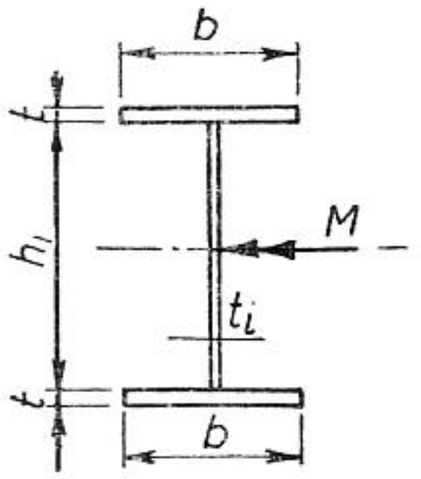


Fig. 6.6.

6.4.1. DIMENSIONAREA SECȚIUNILOR I SIMETRICE COMPUSE, DIN TABLĂ SUDATĂ (fig. 6.6)

În schema 6.7 este indicat un procedeu de dimensionare din condiția ca tensiunea maximă din momentul încovoietor să nu depășească rezistența de calcul a oțelului ($\sigma_{max} \leqslant R$).

Schema 6.7

Dimensionarea secțiunilor I simetrice compuse din tablă sudată (fig. 6.6)

1. Elemente cunoscute:
   - marca oțelului folosit R (anexa 3, tab. 3.5)
   - momentul încovoietor M_x

↓ a. *Alegerea secțiunii*

2. Calculează modulul de rezistență necesar:
$$W_{x\,nec} = \frac{M_x}{R}$$

↓

3. Propune grosimea inimii:
   - $t_i = 6;\ 8;\ 10;\ 12 \ldots$ mm
   - după sortiment

↓

4. Calculează înălțimea optimă:
$$h_i = 1{,}15\sqrt{\frac{W_{x\,nec}}{t_i}}$$

↓

5. Rotunjește h_i astfel:
   - pentru $h_i < 1\,000$ mm, la 50 mm
   - pentru $h_i > 1\,000$ mm, la 100 mm

↓

6. Verifică îndeplinirea condiției: $\frac{h_i}{t_i} \approx 70 \ldots 150$; acest raport trebuie să fie cît mai mare posibil pentru ca secțiunea să rezulte cu aria cît mai mică; dacă nu este satisfăcută condiția de mai sus, se modifică t_i și se recalculează h_i

↓

7. Calculează aria necesară a unei tălpi:
$$A_t = b \cdot t = \frac{W_{x\,nec}}{h_i} - 0{,}16 h_i t_i$$

↓

Schema 6.7 (continuare)

↓

8. Propune grosimea tălpii:
   — $t=(1{,}5 \ldots 2{,}5)t_i$
   — 12 mm$\leqslant t\leqslant$30 mm;
   — după sortiment.

↓

9. Calculează lățimea tălpii:

$$b=\frac{A_t}{t}$$

↓

10. Rotunjește superior, b la 5 mm

↓

11. Verifică îndeplinirea condițiilor:
   — $b=\left(\frac{1}{3}\div\frac{1}{5}\right)h_i$
   — $b\leqslant 2k_1t$; k_1 rezultă din anexa 3, tab. 3.31;
   — dacă nu sînt satisfăcute condițiile de mai sus, se modifică corespunzător grosimea t și se recalculează b

↓

b. *Verificarea secțiunii* (v. pct. 6.3)

6.4.2. DIMENSIONAREA SECȚIUNILOR I NESIMETRICE COMPUSE, DIN TABLĂ SUDATĂ (fig. 6.7)

În practică se întîlnesc situații în care secțiunea grinzii este mai eficientă dacă se alcătuiește nesimetrică; un caz particular este cel al grinzilor căilor podurilor rulante unde nesimetria secțiunii este uneori impusă de următoarele condiții:

— talpa superioară a grinzii trebuie să aibă o lățime b_1 cel puțin egală cu lățimea minimă necesară prinderii șinei;

— în zona reazemului, grinda fiind continuă, verificarea tensiunii echivalente (v. pct. 6.3.1) este mai ușor satisfăcută deoarece deplasarea axei neutre spre talpa superioară reduce tensiunea σ^* la contactul între inimă și talpă.

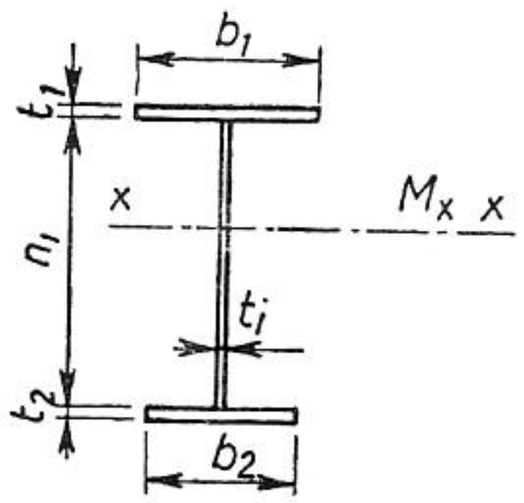


Fig. 6.7.

În schema 6.8 este indicat un procedeu de dimensionare a secțiunilor nesimetrice atunci cînd lățimea tălpii superioare b_1 este impusă constructiv.

Schema 6.8

Dimensionarea secțiunilor I nesimetrice compuse din tablă sudată (fig. 6.7)

1. Elemente cunoscute:
   — marca oțelului R (anexa 3, tab. 3.5);
   — momentul încovoietor M_x;
   — lățimea minimă $b_1^{\min}$.

↓

↓

a. *Alegerea secțiunii*

↓

2. Calculează modulul de rezistență necesar:

$$W_{x\,nec}=\frac{M_x}{R}$$

↓

3. Propune grosimea inimii:
   — t_i=6; 8; 10; 12 . . . mm
   — după sortiment

↓

4. Calculează înălțimea inimii:

$$h_i=1{,}15\sqrt{\frac{W_{x\,nec}}{t_i}}$$

↓

5. Rotunjește h_i astfel:
   — pentru $h_i<1\,000$ mm, la 50 mm;
   — pentru $h_i>1\,000$ mm, la 100 mm.

↓

6. Verifică îndeplinirea condiției:
$\frac{h_i}{t_i}\approx 70\ldots150$; dacă nu este satisfăcută această condiție, se modifică t_i și se recalculează h_i

↓

7. Calculează:

$$A_t=\frac{W_{nec}}{h_i}-0{,}16h_it_i$$

↓

8. Stabilește grosimea minimă a tălpii superioare:
   — $t_1^{min}=max\left(\frac{b_1^{min}}{2k_1};\ 1{,}5t_i\right)$
   — după sortiment;
   — k_1 rezultă din anexa 3, tabelul 3.31.

↓

9. Calculează lățimea tălpii superioare:

$$b_1=\frac{A_t}{t_1^{min}}$$

↓

10. Analizează modul de alcătuire a secțiunii:
   — dacă $b_1>b_1^{min}$, secțiunea se poate alcătui simetrică (v. schema 6.7) sau nesimetrică;
   — dacă $b_1<b_1^{min}$, secțiunea se alcătuiește nesimetrică adoptînd, pentru talpa superioară, dimensiunile t_1^{min} și b_1^{min} sau alte dimensiuni t_1 și b_1 mai mari.

↓

↓

11. Calculează coeficientul:

$$\gamma = \frac{t_1 \cdot b_1}{t_i \cdot h_i}$$

unde t_1 și b_1 sînt dimensiunile tălpii superioare stabilite la pct. 10

↓

12. Calculează coeficientul:

$$\alpha = \frac{1{,}5(1+2\gamma)\dfrac{W_{nec}}{t_i h_i^2} - 0{,}25(1+4\gamma)}{\gamma(1+3\gamma)}$$

↓

13. Calculează aria tălpii inferioare:

$$A_{ti} = \alpha \cdot (t_1 \cdot b_1)$$

↓

14. Propune grosimea tălpii inferioare:

— $t_2 = (1{,}5 \ldots 2{,}5) t_i$

— după sortiment

↓

15. Calculează lățimea tălpii inferioare:

$$b_2 = \frac{A_{ti}}{t_2}$$

↓

16. Verifică condiția (dacă talpa inferioară este comprimată): $b_2 \leqslant 2 \cdot k_1 \cdot t_2$; k_1 rezultă din anexa 3, tabelul 3.31; dacă nu este satisfăcută condiția de mai sus se modifică t_2 și se recalculează b_2

↓

b. *Verificarea secțiunii* (v. pct. 6.3)

6.4.3. DIMENSIONAREA SECȚIUNILOR COMPUSE, DIN PROFILE LAMINATE

În cazul cînd grinzile au eforturi mai mici, secțiunile acestora se pot alcătui din profile laminate:

— secțiuni unitare (v. fig. 6.1, *a*);

— secțiuni compuse (v. fig. 6.1, *c*, *d*).

Alegerea secțiunii se poate face pe baza modulului de rezistență necesar:

$$W_{xnec} = \frac{M_x}{R}.$$

Din tabelele de profile laminate (anexa 2) se alege profilul laminat sau se compune o secțiune din profile laminate, astfel încît moduiul de rezistență al secțiunii să fie egal sau ceva mai mare decît modulul de rezistență necesar.

6.5. CONDIȚII CONSTRUCTIVE

Se prevăd rigidizări transversale pe inimile grinzilor încovoiate în următoarele situații:

— în cazul grinzilor cu încărcări mobile, cînd

$$\frac{h_0}{t_i} > 70\sqrt{\frac{\overline{210}}{R}};$$

— în cazul grinzilor fără încărcări mobile cînd

$$\frac{h_0}{t_i} > 100\sqrt{\frac{\overline{210}}{R}};$$

În general, o grindă încovoiată poate avea următoarele tipuri de rigidizări:

— rigidizări transversale (fig. 6.8, *a*) ale căror dimensiuni se stabilesc astfel:

$$b_r \geqslant \frac{h_i}{30} + 40 \text{ mm};$$

$$t_r \geqslant \frac{b_r}{15} \quad \text{pentru OL 37, OL 44 și OL 52;}$$

$$t_r \geqslant \frac{b_r}{12} \quad \text{pentru oțeluri cu } R_c \geqslant 360 \text{ N/mm}^2;$$

— rigidizări transversale și rigidizări longitudinale în zona comprimată a inimii grinzii (fig. 6.8, *b*);

— rigidizări transversale, longitudinale și rigidizări transversale scurte (fig. 6.8, *c*).

Rigidizările transversale se pot executa folosind indicațiile din figura 6.9; distanța maximă a între rigidizările transversale este $2{,}5\ h_0$, pentru $h_0 \leqslant 100\ t_i$ și $2{,}0\ h_0$, pentru $h_0 > 100\ t_i$.

În locurile în care acționează forțe concentrate fixe se prevăd rigidizări transversale.

Rigidizările transversale de reazem (fig. 6.10) se verifică la fel ca un montant articulat în cele două tălpi, încărcat cu reacțiunea reazemului; secțiunea de calcul

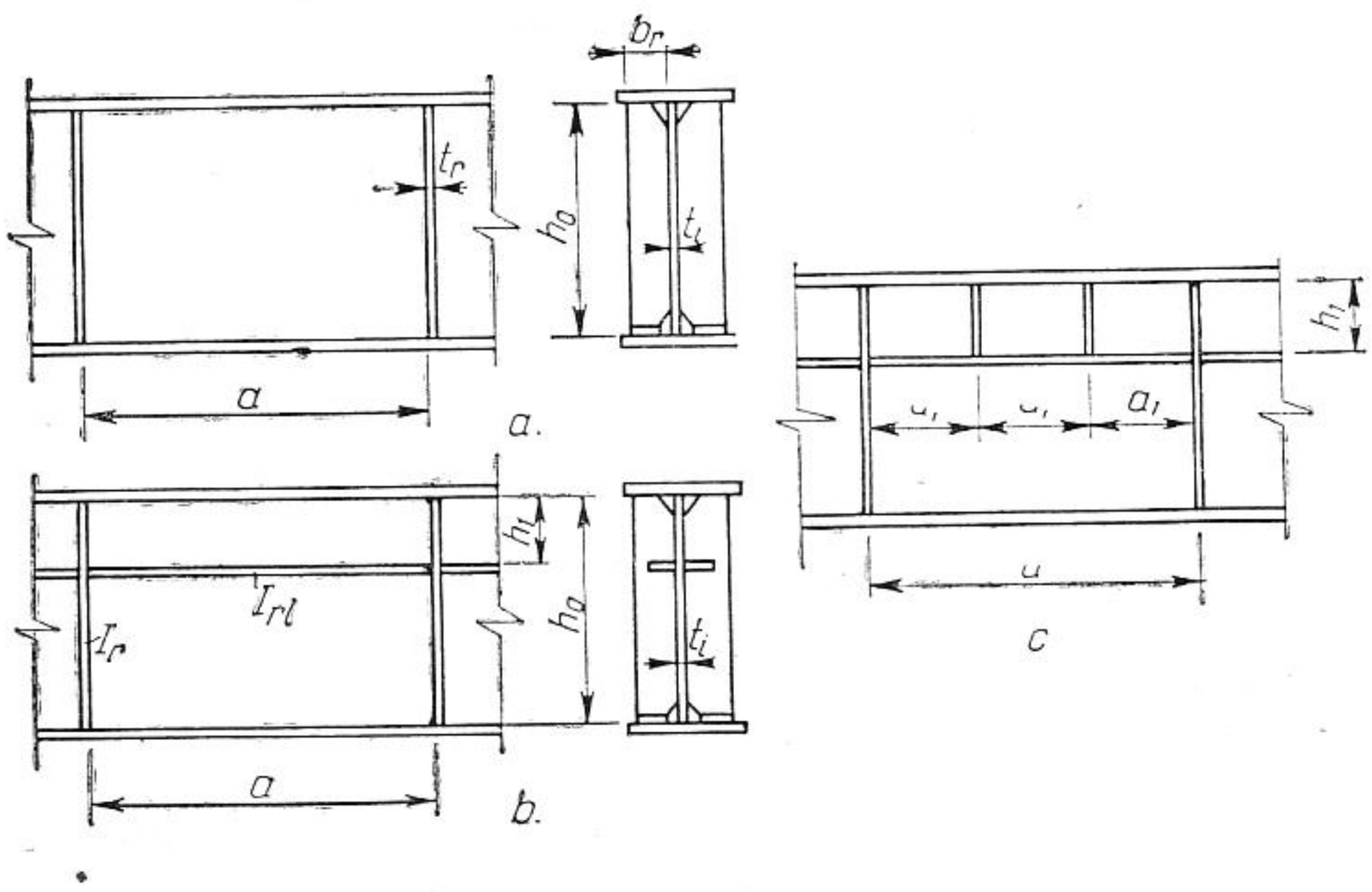


Fig. 6.8.

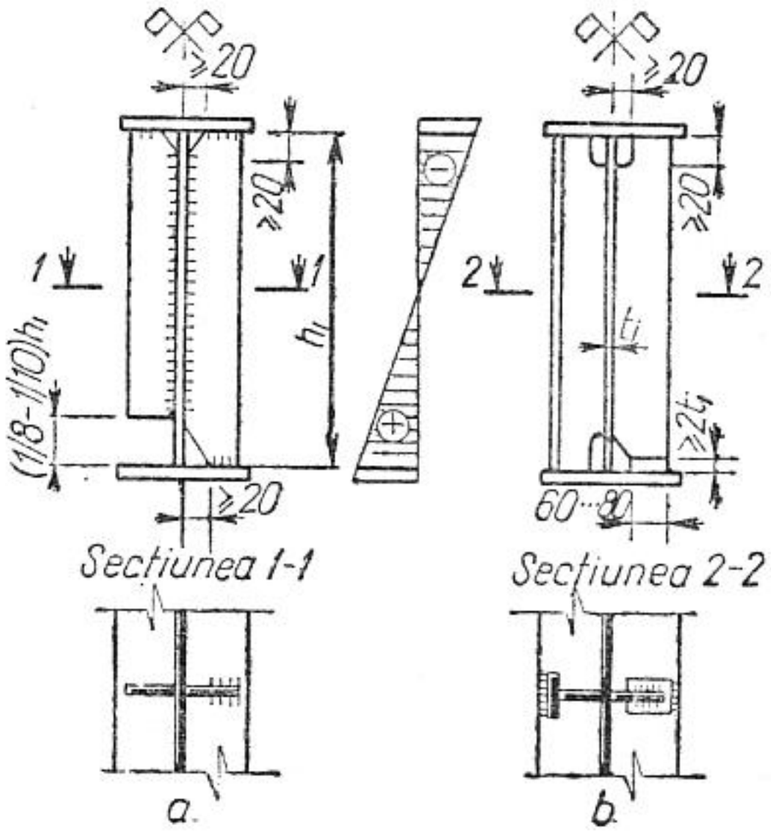


Fig. 6.9.

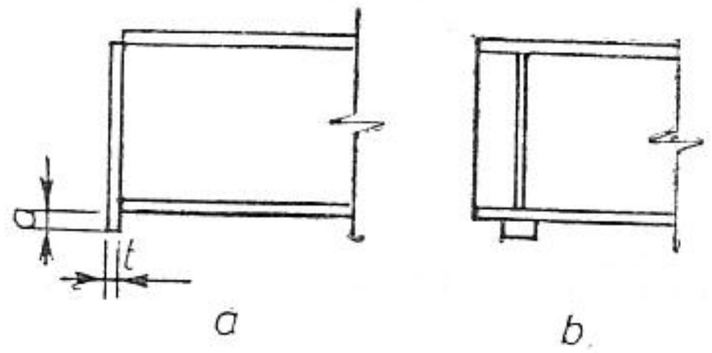


Fig. 6.10.

se ia egală cu aria secțiunii rigidizării la care se adaugă $15\,t_i\sqrt{\frac{210}{R}}$ de o parte și de alta a rigidizării, t_i fiind grosimea inimii; presiunea admisă în capătul rigidizării poate avea următoarele valori;

— pentru cazul din figura 6.10, *a*, $1{,}5R$ dacă $a \leqslant 1{,}5t$ și R dacă $a > 1{,}5\,t$;
— pentru cazul din figura 6.10, *b* presiunea admisă este $1{,}5R$.

6.6. CRITERII DE ALCĂTUIRE ECONOMICĂ

Alcătuirea economică a unei grinzi încovoiate presupune analiza mai multor aspecte: distribuția și valorile eforturilor; tipul secțiunii folosite; geometria secțiunii; marca oțelului.

Distribuția și valorile eforturilor. În general, diagramele de eforturi, M, T au o distribuție oarecare în funcție de distribuția încărcărilor și schema statică a grinzii. În majoritatea cazurilor dimensionarea secțiunii se face pe baza momentului încovoietor maxim. În cazul unei grinzi continue, cu mai mult de cinci deschideri egale, secțiunea I compusă din tablă sudată, cu înălțime constantă în lungul grinzii (cazul grinzilor căilor de rulare), stabilirea înălțimii economice a grinzii trebuie să țină seama de valorile momentelor încovoietoare care dimensionează tronsoanele componente ale grinzii (fig. 6.11):

$$h_i = 1{,}15\sqrt{\frac{W^*_{nec}}{t_i}},$$

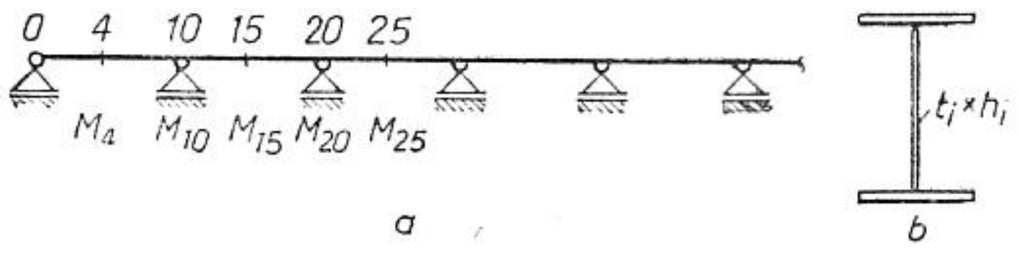


Fig. 6.11.

unde:

$$W_{nec} = \frac{M^*}{R};$$

$$M^* = \frac{1}{n}\,[1{,}6M_4 + 0{,}8M_{10} + 1{,}2M_{15} + (n-3)\cdot 0{,}4M_{20} + (n-4)\cdot 0{,}6M_{25}];$$

n reprezintă numărul deschiderilor grinzii;
R — rezistența de calcul a oțelului;
t_i — grosimea inimii secțiunii (fig. 6.11, *b*).

Tipul secțiunii. Așa cum s-a arătat la pct. 6.2, secțiunile grinzilor pot fi alcătuite din profile laminate sau pot fi secțiuni compuse din tablă (secțiuni I, cheson). Se recomandă, acolo unde este posibil, folosirea secțiunilor compuse din tablă sudată care, alcătuite cu o geometrie corespunzătoare, pot conduce la efecte economice semnificative.

Geometria secțiunii. În principiu, secțiunea rezultă cu o arie cu atît mai redusă, cu cît materialul este mai depărtat de axa neutră. În cazul secțiunilor I compuse din tablă sudată care se întîlnesc cel mai des în alcătuirea grinzilor încovoiate, se poate aprecia că acestea rezultă cu un consum redus de material în următoarele condiții:

— înălțimea inimii grinzii se calculează cu relația:

$$h_i = 1{,}15\sqrt{\frac{W_{nec}}{t_i}};$$

— suplețea inimii h_i/t_i are o valoare mare, pînă la limita care asigură stabilitatea locală;

— aria tălpilor reprezintă 0,4 . . . 0,6 din aria întregii secțiuni.

Aceste condiții sînt, în general, valabile pentru situațiile în care dimensionează momentul încovoietor.

Marca oțelului. Dacă se acceptă drept criteriu de eficiență consumul de oțel, este recomandabil să se folosească mărci de oțel superioare, pînă la limita care asigură condiția de săgeată a grinzii.

6.7. ALGORITM DE DIMENSIONARE

Dimensionarea la calculator a secțiunilor unei bare solicitată la încovoiere se poate face prin generarea secțiunii, fie prin alegerea dintr-un fișier a secțiunii care îndeplinește condițiile cerute de verificare.

Ca și în calculul manual, algoritmul de dimensionare are un caracter iterativ necesitînd parcurgerea a două etape: alegerea secțiunii și verificarea barei cu această secțiune; în final se reține secțiunea care satisface toate condițiile de verificare.

În schema 6.9 este prezentat algoritmul de dimensionare a unei secțiuni I simetrică (fig 6.12), compusă din tablă sudată; dimensionarea se face pe baza momentului încovoietor, urmînd să se țină seama și de celelalte eforturi (forță tăietoare, forțe concentrate locale) în etapa de verificare care poate impune unele modificări ale secțiunii.

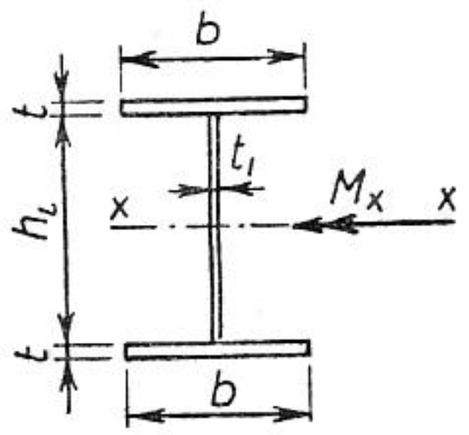


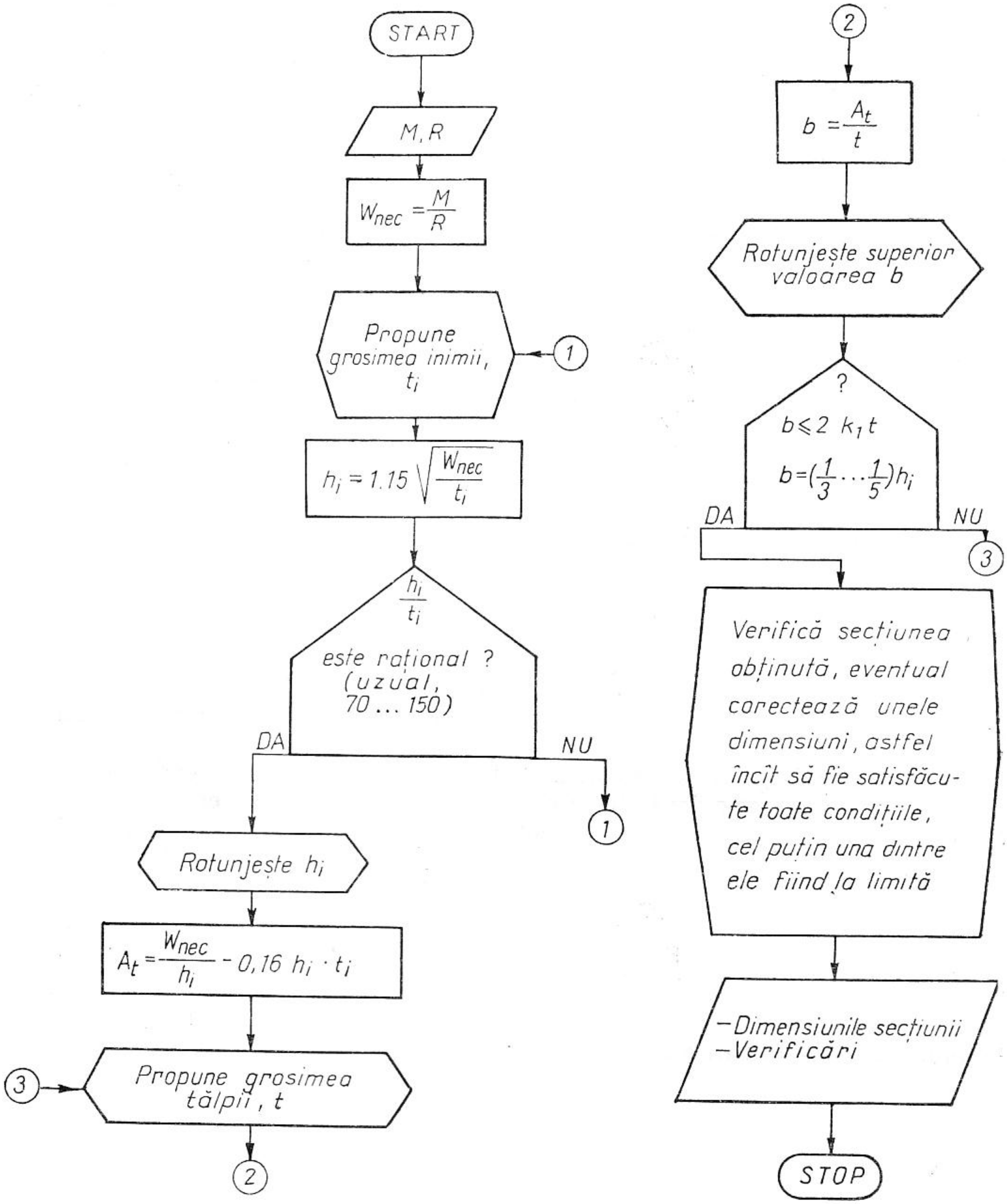
Fig. 6.12.

6.8. APLICAȚII

APLICAȚIA 6.1. Să se proiecteze grinda secundară și grinda principală a platformei din figura 6.13 cunoscînd:

— încărcarea pe platformă, pentru verificări la stări limită ale exploatării normale (verificarea de săgeată) este de 7,5 kN/m^2;

Schema 6,9


START
M, R
$W_{nec} = \frac{M}{R}$
Propune grosimea inimii, t_i
1
$h_i = 1.15 \sqrt{\frac{W_{nec}}{t_i}}$
$\frac{h_i}{t_i}$
este rațional ? (uzual, 70 ... 150)
DA
NU
1
Rotunjește h_i
$A_t = \frac{W_{nec}}{h_i} - 0,16\ h_i \cdot t_i$
3
Propune grosimea tălpii, t
2
2
$b = \frac{A_t}{t}$
Rotunjește superior valoarea b
?
$b \leqslant 2\ k_1 t$
$b = (\frac{1}{3} \dots \frac{1}{5}) h_i$
DA
NU
3
Verifică secțiunea obținută, eventual corectează unele dimensiuni, astfel încît să fie satisfăcute toate condițiile, cel puțin una dintre ele fiind la limită
– Dimensiunile secțiunii
– Verificări
STOP

— încărcarea pe platformă, pentru verificări la stările limită ultime (verificări de rezistență și stabilitate) este de 10,3 kN/m²;
— construcția este alcătuită din oțel OL 37.

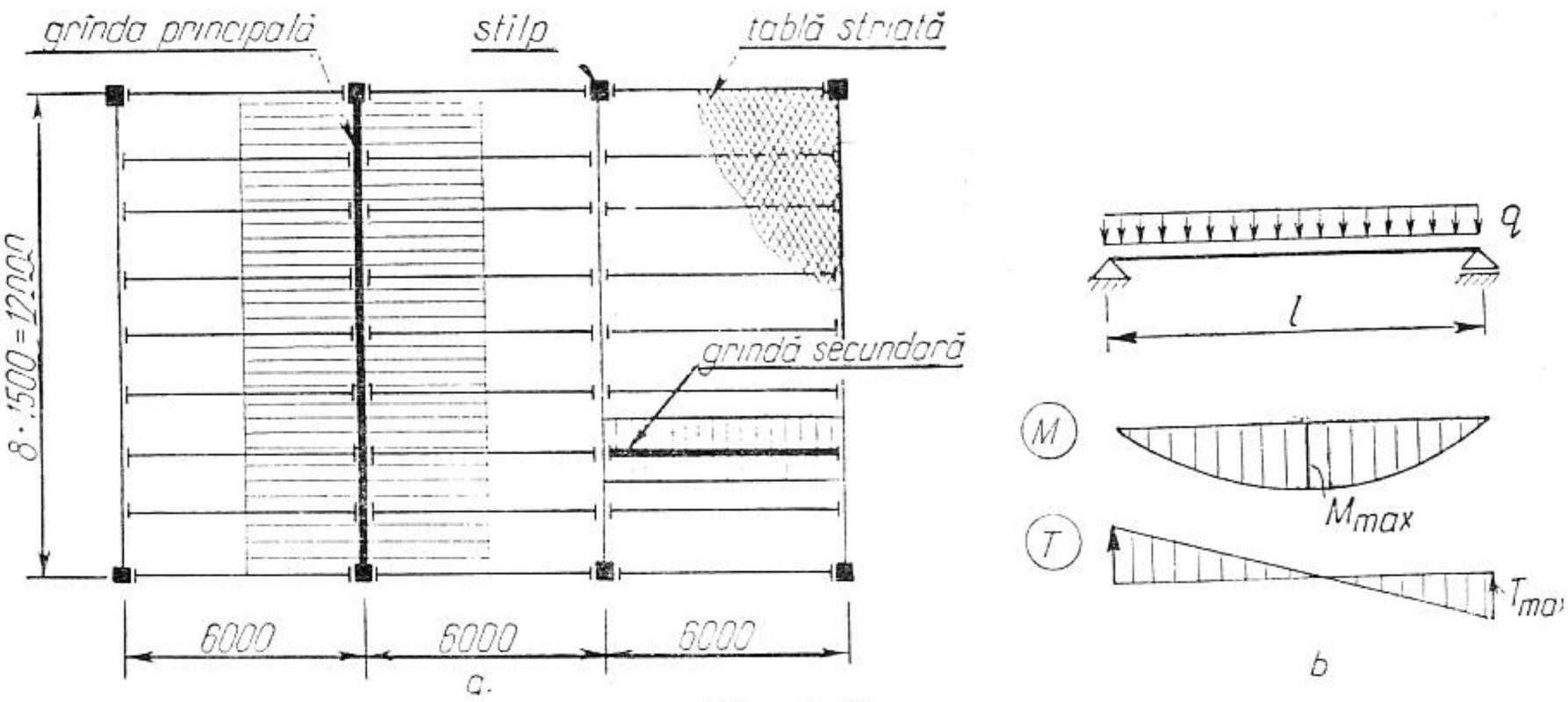


Fig. 6.13.

Rezolvarea grinzii secundare

a. *Determinarea eforturilor de calcul* (fig. 6.13, *b*)

$$M_{max}=\frac{ql^2}{8};\qquad M_{max}=\frac{(10{,}3\cdot 1{,}5)6^2}{8}=69{,}53\ \text{kNm};$$

$$T_{max}=\frac{ql}{2};\qquad T_{max}=\frac{(10{,}3\cdot 1{,}5)\cdot 6}{2}=46{,}35\ \text{kN}.$$

b. *Alegerea secțiunii* (v. pct. 6.4.3)

1. Calculează modulul de rezistență necesar:

$$W_{nec}=\frac{M}{R};$$

2.

$$W_{nec}=\frac{69{,}53\cdot 10^6}{220}=0{,}316\cdot 10^6\ \text{mm}^3=$$

$$=316\ \text{cm}^3.$$

2. Propune o secțiune cu:

$$W_{ef}\approx W_{nec}.$$

3. Din anexa 2, tabelul 2.1 se propune un profil laminat I24 cu:

$W_x=354\ \text{cm}^3$; $I_x=4\,250\ \text{cm}^4$;
$S_x=206\ \text{cm}^3$; $d=0{,}87$ cm.

c. *Verificări de rezistență* (v. pct. 6.3.1)

1. Verifică tensiunea normală maximă:

$$\sigma_{max}=\frac{M_{max}}{W}\leqslant R.$$

$$\sigma_{max}=\frac{69{,}53\cdot 10^6}{354\cdot 10^3}=196{,}4\ \text{N/mm}^2;$$

$$R=220\ \text{N/mm}^2.$$

2. Verifică tensiunea tangențială maximă:

$$\tau_{max}=\frac{T_{max}S_x}{d\cdot I_x}\leqslant R_f.$$

2.

$$\tau_{max}=\frac{46{,}35\cdot 10^3\cdot 206\cdot 10^3}{8{,}7\cdot 4\,250\cdot 10^4}=$$

$$=25{,}82\ \text{N/mm}^2;$$

$$R_f=130\ \text{N/mm}^2.$$

d. Verificarea săgeții (v. pct. 6.3.4)

1. Calculează săgeata admisibilă (anexa 3, tab. 3.10).

1.

$$f_a = \frac{l}{250} = \frac{600}{250} = 2{,}4 \text{ cm}.$$

2. Calculează săgeata efectivă maximă (cu încărcări normate) (anexa 4, tab. 4.5)

$$f = \frac{l^2}{10I} \Sigma \alpha M$$

2.

$$f = \frac{6^2}{10 \cdot 4\,250} \cdot 49{,}6 \cdot \left(\frac{7{,}5 \cdot 1{,}5 \cdot 6^2}{8} \right) =$$

$$= 2{,}13 \text{ cm} < f_a.$$

e. Verificarea stabilității generale

Verificarea nu este necesară deoarece talpa superioară a grinzii este legată continuu, prin sudură, de tabla striată a platelajului.

f. Verificarea stabilității locale

La profile laminate nu este necesară verificarea stabilității locale datorită supleței reduse a inimii.

g. Alcătuirea grinzii secundare

Alcătuirea grinzii secundare este reprezentată în figura 6.14.

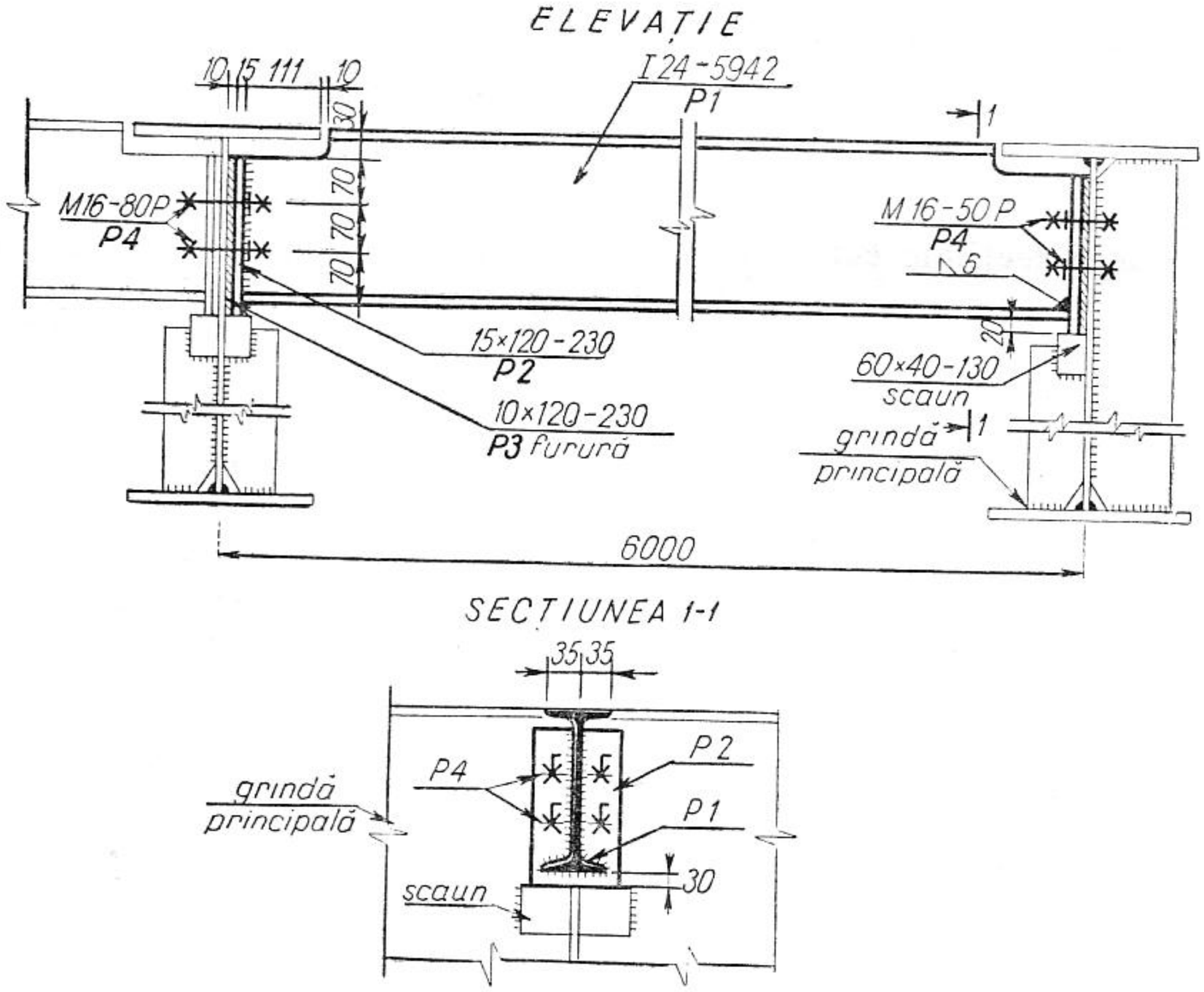


Fig. 6.14.

Rezolvarea grinzii principale

a. *Determinarea eforturilor de calcul* (fig. 6.13, *b*)

$$M_{max}=\frac{ql^2}{8};\qquad M_{max}=\frac{(10{,}3\cdot 6)\cdot 12^2}{8}=1\ 112{,}4\ \text{kNm};$$

$$T_{max}=\frac{ql}{2}.\qquad T_{max}=\frac{(10{,}3\cdot 6)\cdot 12}{2}=370{,}8\ \text{kN}.$$

Grinzile secundare fiind la distanţă mică una faţă de alta, s-a admis încărcarea uniform distribuită.

b. *Alegerea secţiunii* (v. schema 6.7)

1. Elemente cunoscute: — marca oţelului folosit R; — momentul încovoietor M.	1. — OL 37, $R=220\ \text{N/mm}^2$; — $M=1\ 112{,}4$ kNm.
2. Calculează modulul de rezistenţă necesar: $W_{nec}=\frac{M}{R}$.	2. $W_{nec}=\frac{1\ 112{,}4\cdot 10^6}{220}=5{,}056\cdot 10^6\ \text{mm}^3=5\ 056\ \text{cm}^3$.
3. Propune grosimea inimii.	3. Se propune $t_i=8$ mm.
4. Calculează înălţimea inimii: $h_i=1{,}15\sqrt{\frac{W_{nec}}{t_i}}$.	4. $h_i=1{,}15\sqrt{\frac{5\ 056}{0{,}8}}=91{,}42$ cm.
5. Rotunjeşte h_i.	5. $h_i=900$ mm.
6. Verifică condiţia: $\frac{h_i}{t_i}\approx 70\ldots 150$.	6. $\frac{h_i}{t_i}=\frac{900}{8}=112{,}5$.
7. Calculează aria necesară a unei tălpi: $A_t=\frac{W_{nec}}{h_i}-0{,}16\,h_i\cdot t_i$.	7. $A_t=\frac{5\ 056}{90}-0{,}16\cdot 90\cdot 0{,}8=44{,}66\ \text{cm}^2$.
8. Propune grosimea tălpii.	8. Se propune $t=16$ mm.
9. Calculează lăţimea tălpii: $b=\frac{A_t}{t}$.	9. $b=\frac{44{,}66}{1{,}6}=27{,}9$ cm.
10. Rotunjeşte superior lăţimea tălpii b.	10. Rotund, $b=280$ mm.
11. Verifică îndeplinirea condiţiilor: $b=\left(\frac{1}{3}\ldots\frac{1}{5}\right)h_i$; $b\leqslant 2k_1t$.	11. Cele două condiţii sînt îndeplinite: $b=\frac{1}{3{,}2}h_i$; $280<2\cdot 15\cdot 16$.

12. Calculează caracteristicile secțiunii obținute:

$$I_x = \frac{t_i \cdot h_i^3}{12} + 2 \cdot b \cdot t \left(\frac{h_i}{2} + \frac{t}{2}\right)^2;$$

$$W_x = \frac{I_x}{\frac{h_i}{2} + t};$$

$$i_{yt} = \frac{b}{3{,}47}:$$

12.

$$I_x = \frac{0{,}8 \cdot 90^3}{12} + 2 \cdot 28 \cdot 1{,}6(45+0{,}8)^2 =$$

$$= 236\,548 \text{ cm}^4;$$

$$W_x = \frac{236\,548}{45+1{,}6} = 5\,076 \text{ cm}^3;$$

$$i_{yt} = \frac{28}{3{,}47} = 8{,}07 \text{ cm}.$$

c. *Verificări de rezistență* (v. pct. 6.3.1)

1. Verifică tensiunea normală maximă:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W} \leqslant R.$$

1.

$$\sigma_{max} = \frac{1\,112{,}4 \cdot 10^6}{5\,076 \cdot 10^3} = 219{,}15 \text{ N} \leqslant \text{mm}^2$$

$$R = 220 \text{ N/mm}^2.$$

2. Verifică tensiunea tangențială:

$$\tau = \frac{T_{max}}{t_i h_i} \leqslant R_f.$$

2.

$$\tau = \frac{370{,}8 \cdot 10^3}{8 \cdot 900} = 51{,}5 \text{ N/mm}^2;$$

$$R_f = 130 \text{ N/mm}^2.$$

d. *Verificarea săgeții* (v. pct. 6.3.4)

1. Calculează săgeata limită admisă (v. anexa 3, tab. 3.10).

1.

$$f_a = \frac{l}{400} = \frac{1\,200}{400} = 3 \text{ cm}.$$

2. Calculează săgeata efectivă (cu încărcări normate) (v. anexa 4, tab. 4.5):

$$f = \frac{l^2}{10I} \Sigma \alpha M.$$

2.

$$f = \frac{12^2}{10 \cdot 236\,548} \cdot 49{,}6 \cdot$$

$$\cdot \left(\frac{7{,}5 \cdot 6 \cdot 12^2}{8}\right) = 2{,}45 \text{ cm} < f_a.$$

e. *Verificarea stabilității generale* (v. pct. 6.3.2)

1. Stabilește dacă este necesară verificarea; verificarea nu este necesară dacă:

$$l_1 \leqslant 40 \; i_{yt}.$$

2. Verificarea nu este necesară deoarece:

$$150 < 40 \cdot 8{,}07.$$

f. *Verificarea stabilității locale a tălpii comprimate* (v. pct. 6.3.3)

1. Verifică îndeplinirea condiției:

$$\frac{b'}{t} \leqslant k_1;$$

k_1 rezultă din anexa 3, tabelul 3.31

$$b' = \frac{b - t_i}{2} = \frac{280-8}{2} = 136 \text{ mm};$$

$$\frac{136}{16} = 8{,}5 < 15.$$

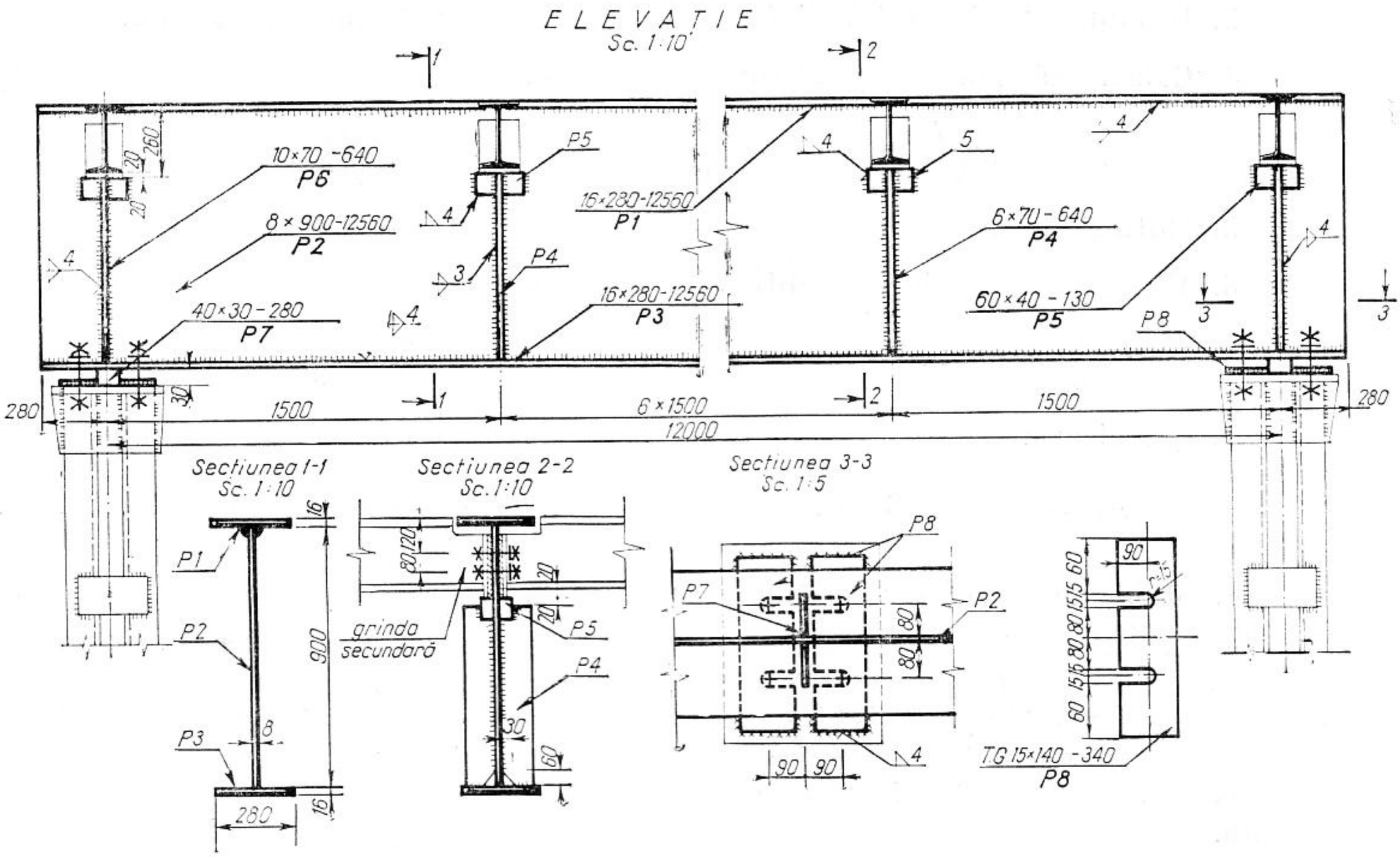


Fig. 6.15.

g. *Alcătuirea grinzii principale*

Alcătuirea grinzii principale este reprezentată în figura 6.15.

APLICAȚIA 6.2. Să se dimensioneze secțiunea unei grinzi încovoiate (v. schema 6.8) cunoscînd:

— momentul încovoietor de calcul maxim, M=1 530 kNm;

— secțiunea grinzii este o secțiune I compusă din tablă sudată (v. fig. 6.7), lățimea minimă cerută pentru talpa superioară este b_1^{min}=300 mm;

— se folosește oțel OL 52, cu R=315 N/mm².

Rezolvare (v. schema 6.8)

1. Elemente cunoscute:
— marca oțelului R;
— momentul încovoietor de calcul M;
— lățimea minimă b_1^{min}.

1.
— OL 52, R=315 N/mm²;
— M=1 530 kNm;
— b_1^{min}=300 mm.

a. *Alegerea secțiunii*

2. Calculează modulul de rezistență necesar:

$$W_{nec}=\frac{M}{R}:$$

2.

$$W_{nec}=\frac{1\,530\cdot 10^6}{315}=4{,}857\cdot 10^6\ \text{mm}^3=$$

$$=4\,857\ \text{cm}^3.$$

3. Propune grosimea inimii t_i.

4. Calculează înălțimea inimii:

$$h_i = 1{,}15\sqrt{\frac{W_{nec}}{t_i}}.$$

5. Rotunjește h_i.

6. Verifică îndeplinirea condiției:

$$\frac{h_i}{t_i} \approx 70 \ldots 150.$$

7. Calculează:

$$A_t = \frac{W_{nec}}{h_i} - 0{,}16\ h_i t_i.$$

8. Stabilește grosimea minimă a tălpii superioare:

$$t_1^{min} = max\left(\frac{b_1^{min}}{2k_1};\ 1{,}5\ t_i\right)$$

$k_1 = 13$ pentru OL 52 (anexa 3, tab. 3.31).

9. Calculează:

$$b_1 = \frac{A_t}{t_1^{min}}.$$

10. Analizează modul de alcătuire a secțiunii.

11. Calculează coeficientul:

$$\gamma = \frac{t_1 \cdot b_1}{t_i \cdot h_i}.$$

12. Calculează coeficientul:

$$\alpha = \frac{1{,}5(1+2\gamma)\dfrac{W_{nec}}{t_i \cdot h_i^2} - 0{,}25(1+4\gamma)}{\gamma(1+3\gamma)}$$

13. Calculează aria tălpii inferioare

$$A_{ti} = \alpha \cdot (t_1 \cdot b_1).$$

14. Propune grosimea tălpii inferioare t_2.

3. Se propune, $t_i = 8$ mm.

4.

$$h_i = 1{,}15\sqrt{\frac{4\,857}{0{,}8}} = 89{,}61 \text{ cm}.$$

5. Rotund, $h_i = 900$ mm.

6.

$$\frac{h_i}{t_i} = \frac{900}{8} = 112{,}5.$$

7.

$$A_t = \frac{4\,857}{90} - 0{,}16 \cdot 90 \cdot 0{,}8 = 42{,}45 \text{ cm}^2.$$

8.

$$t_1^{min} = max\left(\frac{300}{2 \cdot 13};\ 1{,}5 \cdot 8\right) = 12 \text{ mm}.$$

9.

$$b_1 = \frac{42{,}45 \cdot 10^2}{12} = 353{,}8 \text{ mm}.$$

10. Secțiunea se alcătuiește nesimetrică; se propun dimensiunile tălpii superioare:

$$t_1 = 16 \text{ mm};\ b_1 = b_1^{min} = 300 \text{ mm}.$$

11.

$$\gamma = \frac{1{,}6 \cdot 30}{0{,}8 \cdot 90} = 0{,}667.$$

12.

$$\alpha = \frac{1{,}5(1+2 \cdot 0{,}667)\dfrac{4\,857}{0{,}8 \cdot 90^2} - 0{,}25(1+4 \cdot 0{,}667)}{0{,}667(1+3 \cdot 0{,}667)}$$

$$\alpha = 0{,}853$$

13.

$$A_{ti} = 0{,}853 \cdot (1{,}6 \cdot 30) = 40{,}94 \text{ cm}^2.$$

14. Se propune, $t_2 = 16$ mm.

15. Calculează lățimea tălpii inferioare:

$$b_2 = \frac{A_{tt}}{t_2}.$$

15.

$$b_2 = \frac{40{,}94 \cdot 10^2}{16} = 255{,}8 \text{ mm}.$$

Rotund, $b_2 = 260$ mm.

b. *Verificarea secțiunii*

16. Calculează caracteristicile secțiunii: I_x, W_x.

16. $I_x = 236\,019$ cm^4;

$W_x = 4\,876$ cm^3.

17. Verifică tensiunea:

$$\sigma_{max} = \frac{M}{W} \leqslant R.$$

17.

$$\sigma = \frac{1\,530 \cdot 10^6}{4\,876 \cdot 10^3} = 313{,}8 \text{ N/mm}^2;$$

$R = 315$ N/mm^2.

APLICAȚIA 6.3. Să se verifice la stabilitate locală inima și talpa panoului de grindă din figura 6.16 cunoscînd că diagramele de eforturi M și T rezultă din încărcări statice.

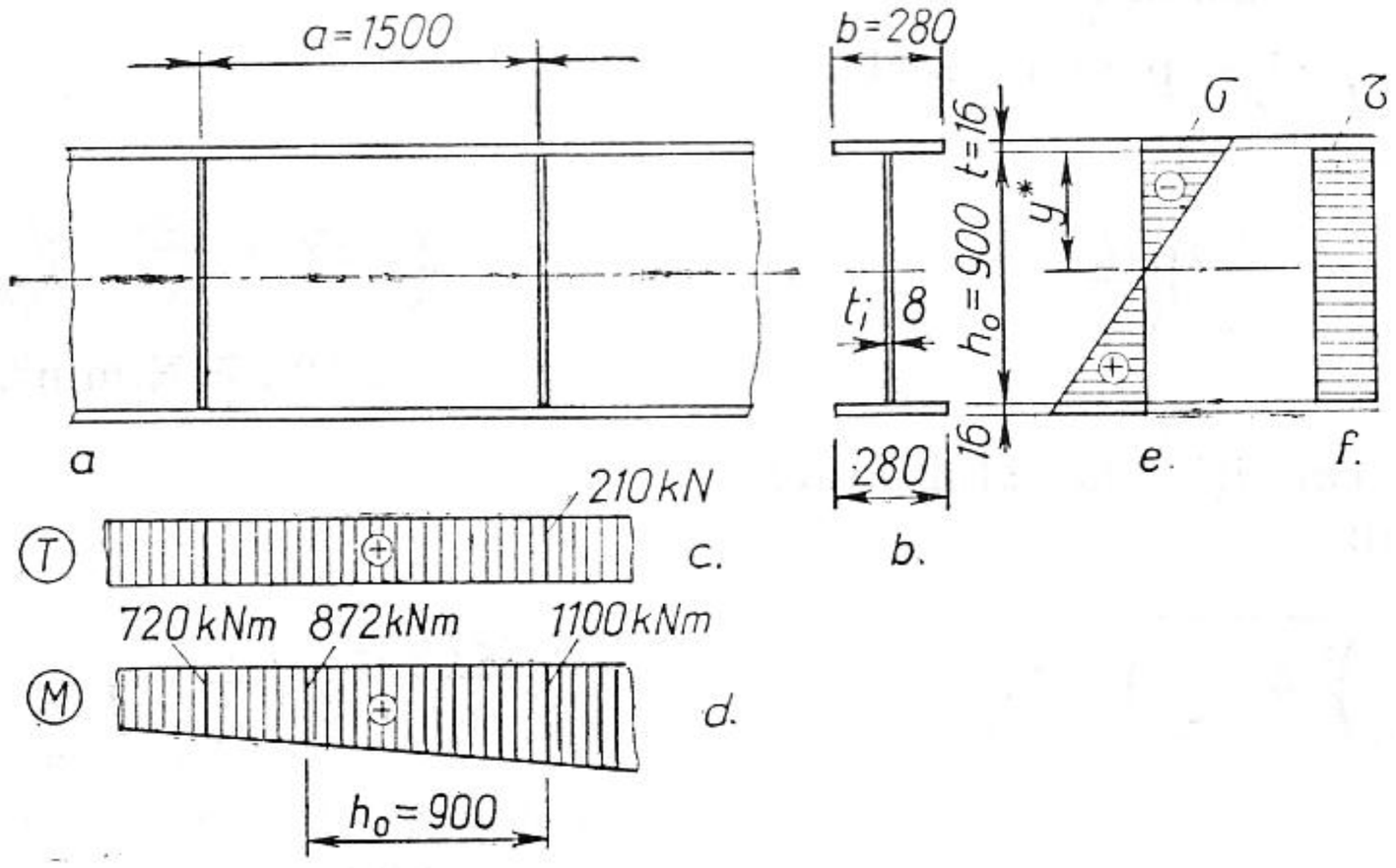


Fig. 6.16.

Rezolvare

a. *Verificarea inimii* (v. pct. 6.3.3.2)

1. Elemente cunoscute:
— diagramele M, T;
— secțiunea grinzii și pozițiile rigidizărilor transversale;
— marca oțelului folosit R.

1.
— ca în figura 6.16, *c*, *d*;
— ca în figura 6.16, *a*, *b*;
— oțel OL 37, $R = 220$ N/mm^2.

2. Stabilește dacă este necesară verificarea de stabilitate locală:
— dacă $\frac{h_0}{t_i} \leqslant 110\sqrt{\frac{210}{R}}$, verificarea nu este necesară.

2.

$$\frac{h_0}{t_i} = \frac{900}{8} = 112{,}5.$$

Deoarece $\frac{h_0}{t_i} > 110\sqrt{\frac{210}{R}}$, verificarea este necesară.

3. Stabilește eforturile medii în panou.

4. Calculează tensiunile:

$$\sigma = \frac{M}{I_x} \cdot y^*;$$

$$\tau = \frac{T}{t_i \cdot h_i}.$$

5. Stabilește:

d — latura mică a panoului;

$$\alpha = \frac{\textit{latura mare}}{\textit{latura mică}}.$$

6. Calculează tensiunile critice:

$\sigma_{cr} = 7\,000 \left(\frac{t_i}{h_0}\right)^2 \cdot 10^3$ pentru secțiuni simetrice;

$$\tau_{cr} = \left(1\,250 + \frac{950}{\alpha^2}\right)\left(\frac{t_i}{d}\right)^2 \cdot 10^3.$$

7. Verifică condiția de stabilitate locală a inimii:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} \leqslant 1.$$

b. *Verificarea tălpii* (v. pct. 6.3.3.1)

8. Verifică condiția:

$$\frac{b'}{t} \leqslant k_1;$$

k_1 rezultă din anexa 3, tabelul 3.31

3. Deoarece $a > h_0$, pe o lungime de panou, în zona cea mai solicitată, egală cu h_0, se stabilesc:

$$T = 210 \text{ kN};$$

$$M = \frac{1\,100 + 872}{2} = 986 \text{ kNm}.$$

4.

$$\sigma = \frac{986 \cdot 10^6}{236\,548 \cdot 10^4} \cdot 450 = 187{,}6 \text{ N/mm}^2;$$

$$\tau = \frac{210 \cdot 10^3}{8 \cdot 900} = 29{,}2 \text{ N/mm}^2.$$

5.

$$d = 900 \text{ mm};$$

$$\alpha = \frac{1\,500}{900} = 1{,}67.$$

6.

$$\sigma_{cr} = 7\,000\left(\frac{8}{900}\right)^2 \cdot 10^3 = 553 \text{ N/mm}^2;$$

$$\tau_{cr} = \left(1\,250 + \frac{950}{1{,}67^2}\right)\left(\frac{8}{900}\right)^2 \cdot 10^3 = 125{,}7 \text{ N/mm}^2.$$

7.

$$\sqrt{\left(\frac{187{,}6}{553}\right)^2 + \left(\frac{29{,}2}{125{,}7}\right)^2} = 0{,}41 < 1.$$

8.

$$\frac{\frac{280-8}{2}}{16} = 8{,}5 < 15;$$

$k_1 = 15$ pentru OL37.

APLICAȚIA 6.4. Să se verifice la stabilitate locală inima și talpa panoului de grindă din figura 6.17 cunoscînd că:

— diagramele M și T rezultă din încărcări concentrate mobile;

— forța locală se aplică la talpa comprimată a grinzii;

— grinda este alcătuită cu secțiune nesimetrică, din oțel OL 52;

— solicitările medii de calcul în panou (determinate potrivit pct. 6.3.3.2) sînt: M = 1 380 kNm; T = 435 kN; forța locală P = 230 kN.

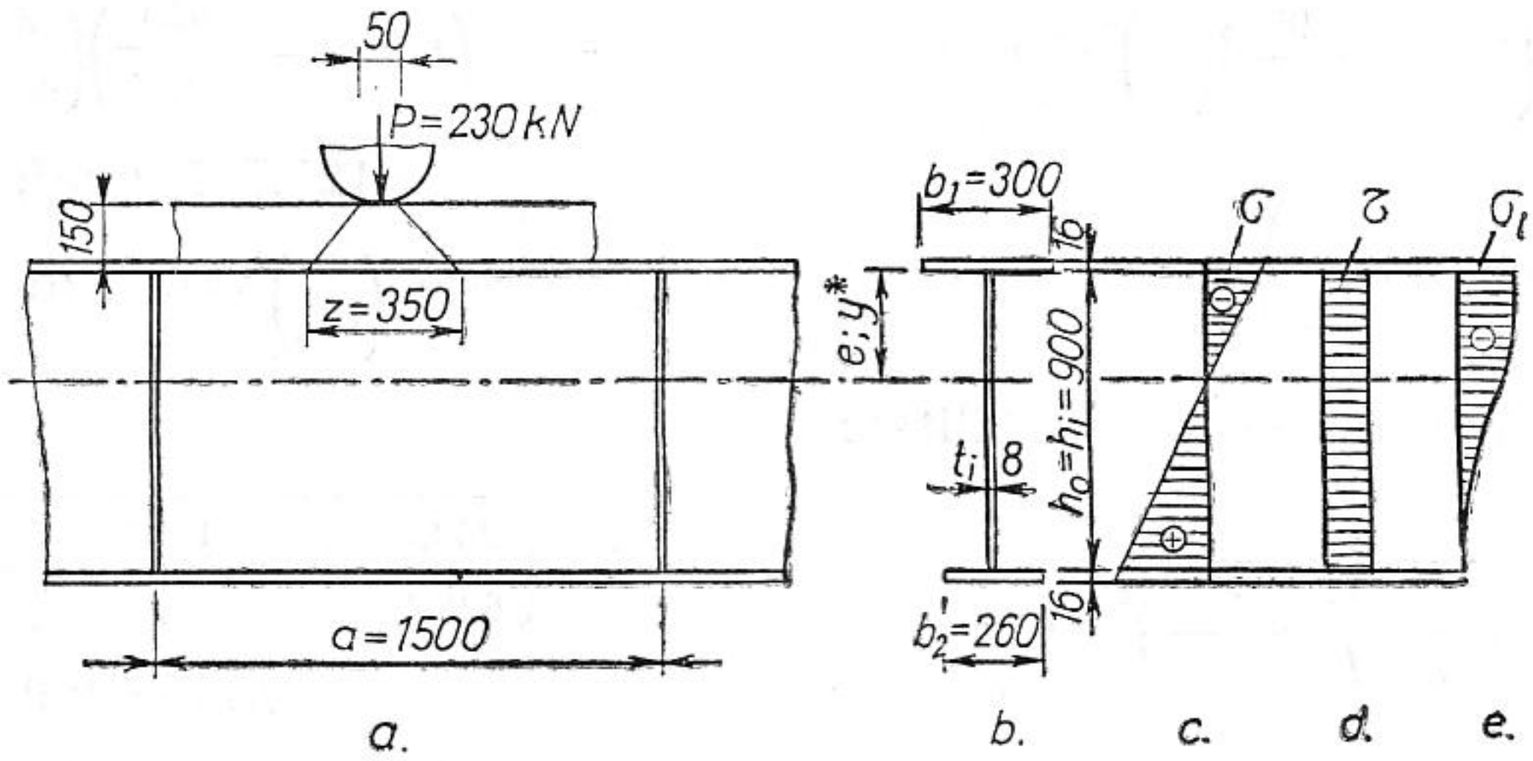


Fig. 6.17.

Rezolvare

a. *Verificarea inimii* (v. pct. 6.3.3.3)

1. Stabilește dacă este necesară verificarea de stabilitate locală:

— dacă $\frac{h_0}{t_i} \leqslant 80\sqrt{\frac{210}{R}}$, verificarea nu este necesară.

1.

$$\frac{h_0}{t_i} = \frac{900}{8} = 112{,}5 > 80\sqrt{\frac{210}{315}},$$

deci verificarea este necesară.

2. Calculează tensiunile pe linia sudurii, în zona comprimată a secțiunii:

$$\sigma = \frac{M}{I_x} \cdot y^*;$$

$$\tau = \frac{T}{t_i \cdot h_i};$$

$$\sigma_l = \frac{P}{z \cdot t_i}.$$

$$\sigma = \frac{1\,380 \cdot 10^6}{236\,019 \cdot 10^4} \cdot 432 = 252{,}6 \ \text{N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{435 \cdot 10^3}{8 \cdot 900} = 60{,}4 \ \text{N/mm}^2;$$

$$\sigma_l = \frac{230 \cdot 10^3}{350 \cdot 8} = 82{,}1 \ \text{N/mm}^2.$$

3. Calculează rapoartele (v. tab. 6.2)

$$\frac{a}{h_0};$$

$$\frac{\sigma_l}{\sigma};$$

$$\gamma = c\,\frac{b}{h_0}\left(\frac{t}{t_i}\right)^3.$$

3.

$$\frac{a}{h_0} = \frac{1\,500}{900} = 1{,}67;$$

$$\frac{\sigma_l}{\sigma} = \frac{82{,}1}{252{,}6} = 0{,}325;$$

$$\gamma = 2 \cdot \frac{300}{900} \cdot \left(\frac{16}{8}\right)^3 = 5{,}33.$$

4. Calculează tensiunile critice (v. tab. 6.2, cazul 3);

— pentru $\frac{a}{h_0} > 0{,}8$ și pentru valori $\frac{\sigma_l}{\sigma}$ mai mici decît cele din anexa 3, tabelul 3.28 rezultă:

$$\sigma_{cr} = k_0\left(\frac{t_i}{2e}\right)^2 \cdot 10^3;$$

4.

— $k_0 = 7\,303$ din anexa 3, tabelul 3.27 în funcție de γ;

— $k_1 = 3\,520$, din anexa 3, tabelul 3.30, în funcție de γ și $a/2h_0$;

$$\sigma_{cr} = 7\,303\left(\frac{8}{2 \cdot 432}\right)^2 \cdot 10^3 = 626{,}1 \ \text{N/mm}^2;$$

$$\tau_{cr}=\left(1\ 250+\frac{950}{\alpha^2}\right)\left(\frac{t_i}{d}\right)^2\cdot 10^3;$$

$$\sigma_{lcr}=k_1\left(\frac{t_i}{\frac{a}{2}}\right)^2\cdot 10^3.$$

5. Verifică condiția de stabilitate locală:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{cr}}+\frac{\sigma_l}{\sigma_{lcr}}\right)^2+\left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2}\leqslant 0{,}9.$$

b. *Verificarea tălpii* (v. pct. 6.3.3.1)

6. Verifică condiția:

$$\frac{b'}{t}\leqslant k_1;$$

k_1 rezultă din anexa 3, tabelul 3.31.

APLICAȚIA 6.5. Să se verifice stabilitatea locală a inimii panoului de grindă din figura 6.17, în aceleași condiții ca la aplicația 6.4, considerînd însă că tensiunile σ din M comprimă talpa inferioară mai puțin dezvoltată (v. tab. 6.2, cazul 4).

Rezolvare (v. pct. 6.3.3.3)

1. Stabilește dacă verificarea este necesară.

2. Calculează tensiunile pe linia sudurii, la contactul între inimă și talpa inferioară

$$\sigma=-\frac{M}{I_x}\cdot y_1^*;$$

$$\tau=\frac{T}{t_i\cdot h_i};$$

$$\sigma'=+\frac{M}{I_x}\cdot y_2^*;$$

3. Calculează coeficientul:

$$\psi=\frac{\sigma-\sigma'}{\sigma};$$

4. Stabilește coeficientul k_3.

5. Calculează coeficientul:

$$\beta=\frac{0{,}07\cdot\tau\cdot k_3}{\sigma}.$$

$$\tau_{cr}=\left(1\ 250+\frac{950}{1{,}67^2}\right)\left(\frac{8}{900}\right)^2\cdot 10^3=$$

$$=125{,}7\ \text{N/mm}^2;$$

$$\sigma_{lcr}=3\ 520\left(\frac{8}{750}\right)^2\cdot 10^3=400{,}5\ \text{N/mm}^2.$$

5.

$$\sqrt{\left(\frac{252{,}6}{626{,}1}+\frac{82{,}1}{400{,}5}\right)^2+\left(\frac{60{,}4}{125{,}7}\right)^2}=$$

$$=0{,}775<0{,}9.$$

6.

$$\frac{\frac{300-8}{2}}{16}=9{,}125<k_1;$$

$k_1=13$.

1. Verificarea este necesară (v. aplicația 6.4.).

2.

$$\sigma=-\frac{1\ 380\cdot 10^6}{236\ 019\cdot 10^4}\cdot 468=$$

$$=-273{,}6\ \text{N/mm}^2;$$

$$\tau=\frac{435\cdot 10^3}{8\cdot 900}=60{,}4\ \text{N/mm}^2;$$

$$\sigma'=+\frac{1\ 380\cdot 10^6}{236\ 019\cdot 10^4}\cdot 432=252{,}6\ \text{N/mm}^2.$$

3.

$$\psi=\frac{-273{,}6-252{,}6}{-273{,}6}=1{,}92.$$

4. Din tabelul 6.2, cazul 4, în funcție de ψ, rezultă $k_3=59$.

5.

$$\beta=\frac{0{,}07\cdot 60{,}4\cdot 59}{273{,}6}=0{,}91.$$

6. Calculează supleţea maximă a inimii:

$$\left(\frac{h_0}{t_i}\right)_{max} = 100\sqrt{\frac{20 \cdot k_3}{\sigma(2-\psi+\sqrt{\psi^2+4\beta^2})}} =$$

$$= 100\sqrt{\frac{20 \cdot 59}{273{,}6(2-1{,}92+\sqrt{1{,}92^2+4 \cdot 0{,}91^2,})}} = 125{,}8$$

7. Verifică condiţia:

$$\left(\frac{h_0}{t_i}\right)_{ef} \leqslant \left(\frac{h_0}{t_i}\right)_{max}$$

7.

$$\frac{900}{8} < 125{,}8.$$

APLICAŢIA 6.6. Să se verifice la oboseală secţiunea din cîmp a unei grinzi de cale de rulare (fig. 6.18) cunoscînd:

— caracteristica secţiunii este dată în figura 6.18, a, b; sudura este executată automat, fără prelucrare mecanică;

— oţelul folosit este OL 52; $R=315$ N/mm²;

— pe calea de rulare circulă poduri rulante în grupa de funcţionare IV; numărul ciclurilor este de un milion;

— momentul maxim are valoarea $M_{max}=+960$ kNm, iar momentul minim, $M_{min}=-320$ kNm (eforturile se determină din încărcări normate de bază — deci fără coeficienţii încărcării şi fără coeficienţii dinamici).

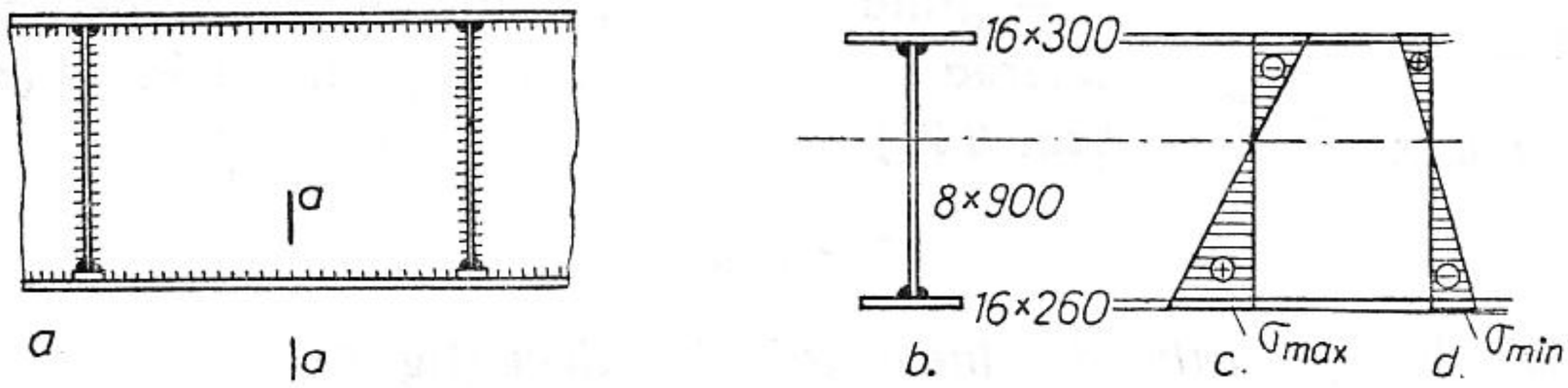


Fig. 6.18.

Rezolvare (v. pct. 6.3.5)

1. Elemente cunoscute:
— marca oţelului folosit R;
— numărul de cicluri.

1.
— OL 52, $R=315$ N/mm²;
— $n=1{,}0$ milion.

2. Stabileşte secţiunea de calcul $a-a$, caracteristica secţiunii şi grupa elementului (anexa 3, tab. 3.35).

2. Din anexa 3, tabelul 3.35, cazul 10, rezultă că grupa elementului este 2.

3. Stabileşte coeficienţii a, b, c (anexa 3, tab. 3.34)

3. În funcţie de marca oţelului, grupa elementului şi numărul de cicluri, rezultă:
$a=1{,}45$; $b=0{,}85$; $c=1{,}1$.

4. Calculează efortul maxim şi efortul minim în secţiunea de calcul.

4.
$M_{max}=+960$ kNm;
$M_{min}=-320$ kNm.

5. Calculează tensiunile:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_x};$$

$$\sigma_{min} = \frac{M_{min}}{W_x};$$

5.

$$\sigma_{max} = + \frac{960 \cdot 10^6}{4\,876 \cdot 10^3} = +196{,}9 \text{ N/mm}^2;$$

$$\sigma_{min} = - \frac{320 \cdot 10^6}{4\,876 \cdot 10^3} = -65{,}6 \text{ N/mm}^2.$$

6. Calculează coeficientul:

$$\rho = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}};$$

7. Calculează coeficientul γ, pentru situația în care tensiunea maximă, în valoare absolută, este de întindere:

$$\gamma = \frac{c}{a - b\rho}.$$

8. Verifică condiția:

$$\sigma_{max} \leqslant \gamma R.$$

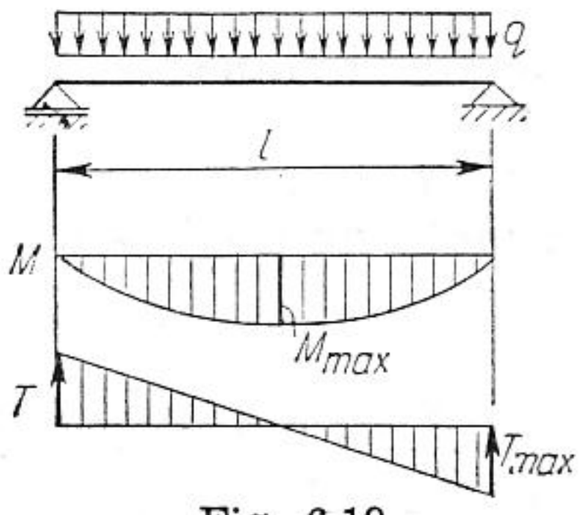


Fig. 6.19.

6.

$$\rho = \frac{-65,6}{+196,9} = -0,333.$$

7.

$$\gamma = \frac{1,1}{1,45 - 0,85(-0,333)} = 0,635.$$

9.

$$\sigma_{max} = 196,9 \text{ N/mm}^2;$$

$$\gamma R = 0,635 \cdot 315 = 200 \text{ N/mm}^2;$$

deci

$$\sigma_{max} < \gamma R.$$

APLICAȚIA 6.6. Să se proiecteze grinda din figura 6.19 cunoscînd:

— deschiderea grinzii l=9,0 m;

— încărcarea normată q^n=4,2 kN/m; încărcarea de calcul q=6,1 kN/m;

— grinda se va alcătui cu goluri pe inimă, prin tăierea și asamblarea unui profil laminat I (v. anexa 2, tab. 2.27).

Rezolvare

a. *Calculul eforturilor din încărcările de calcul* (fig. 6.19)

$$M_{max} = \frac{q \cdot l^2}{8}; \qquad M_{max} = \frac{6,1 \cdot 9^2}{8} = 61,8 \text{ kNm};$$

$$T_{max} = \frac{q \cdot l}{2}; \qquad T_{max} = \frac{6,1 \cdot 9}{2} = 27,5 \text{ kN}.$$

b. *Alegerea secțiunii*

1. Calculează modulul de rezistență necesar:

$$W_{nec} \approx 1,2 \frac{M}{R}; \qquad W_{nec} = 1,2 \frac{61,8 \cdot 10^6}{220} = 337 \cdot 10^3 \text{ mm}^3 = 337 \text{ cm}^3.$$

2. Din anexa 2, tabelul 2.27, propune o secțiune cu $W_{xb} \approx W_{nec}$

2. Se propune o grindă cu goluri pe inimă, rezultată din tăierea unui profil I 20, cu caracteristicile (fig. 6.20).

$H = 300$ mm; $I_{xa} = 5\,517$ cm^4;

$h_1 = 50$ mm; $I_{xb} = 5\,017$ cm^4;

$e = 1,14$ cm; $W_{xa} = 368$ cm^3;

$h_2 = 271,6$ mm; $W_{xb} = 336$ cm^3;

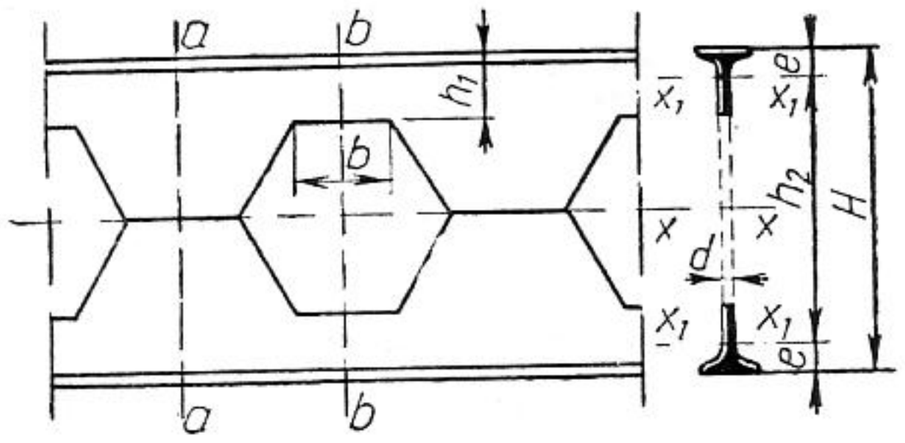


Fig. 6.20.

$d=7{,}5$ mm; $I_{x1}=18{,}5$ cm^4;

$A_1=13{,}0$ cm^2; $W_{x1}=4{,}8$ cm^3;

$S_x=217$ cm^3.

c. *Verificarea secțiunii la momentul maxim*

1. Descompune M_{max} într-un cuplu de două forțe:

$$N=\frac{M_{max}}{h_2}.$$

1.

$$N=\frac{61{,}8}{0{,}2716}=227{,}5 \text{ kN}.$$

2. Verifică tensiunea normală maximă:

$$\sigma=\frac{N}{A_1}\leqslant R.$$

2.

$$\sigma=\frac{227{,}5\cdot10^3}{13\cdot10^2}=175 \text{ N/mm}^2<R;$$

$R=220$ N/mm^2.

d. *Verificarea săgeții* (v. pct. 6.3.4)

1. Calculează momentul de inerție mediu:

$$I_x=\frac{I_{xa}+I_{xb}}{2}.$$

1.

$$I_x=\frac{5\,517+5\,017}{2}=5\,267 \text{ cm}^4.$$

2. Calculează săgeata admisibilă (anexa 3, tab. 3.10).

2.

$$f_a=\frac{l}{250}=\frac{900}{250}=3{,}6 \text{ cm}.$$

3. Calculează săgeata efectivă (anexa 4, tab. 4.5.):

$$f=\frac{\alpha M l^2}{10I}\leqslant f_a;$$

3.

$$f=\frac{49{,}6\cdot42{,}53\cdot9^2}{10\cdot5\,267}=3{,}24 \text{ cm}<f_a;$$

$$M=\frac{q^n\cdot l^2}{8}.$$

$$M=\frac{4{,}2\cdot9^2}{8}=42{,}53 \text{ kNm}.$$

e. *Verificarea celei mai solicitate secțiuni, ținînd seama de M și T*

1. Calculează poziția celei mai solicitate secțiuni (fig. 6.21, *a*):

$$x=\frac{1}{2}\left(l-\frac{bh_2A_1}{2W_1}\right);$$

$$x=\frac{1}{2}\left(900-\frac{10\cdot27{,}16\cdot13}{2\cdot4{,}8}\right)=266{,}1 \text{ cm}.$$

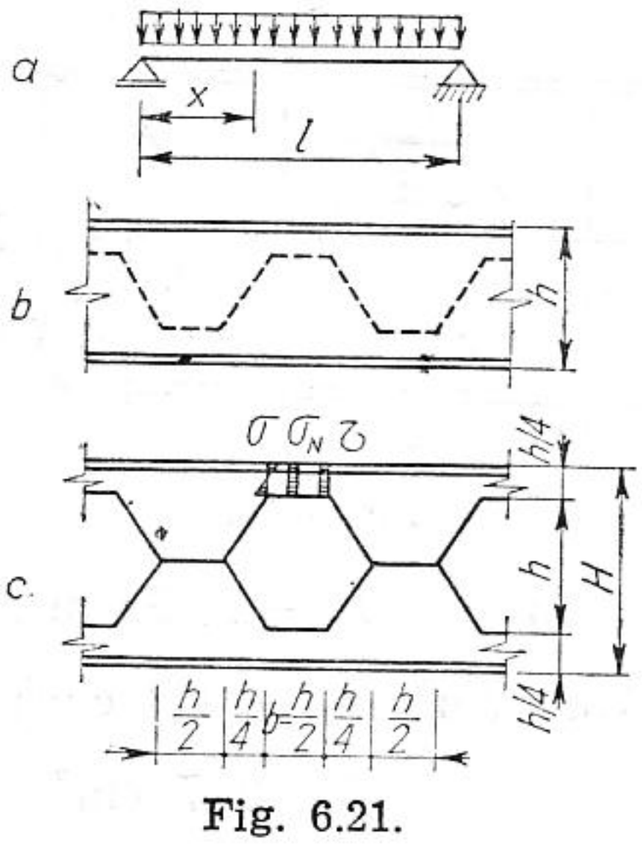


Fig. 6.21.

b are semnificația din figura 6.21, *c*.

2. Calculează tensiunea normală din momentul încovoietor:

$$M=\frac{ql^2}{2}\left(\frac{x}{l}-\frac{x^2}{l^2}\right);$$

$$\sigma_N=\frac{N}{A_1}-\frac{M}{h_2A_1}.$$

2.

$$M=\frac{6{,}1\cdot 9^2}{2}\left(\frac{2{,}661}{9}-\frac{2{,}661^2}{9^2}\right)=51{,}45\ \text{kNm};$$

$$\sigma_N=\frac{51{,}45\cdot 10^6}{271{,}6\cdot 1\,300}=145{,}7\ \text{N/mm}^2.$$

3. Calculează tensiunea normală din forța tăietoare:

$$T=ql\left(\frac{1}{2}-\frac{x}{l}\right);$$

$$M_T=\frac{T}{2}\cdot\frac{b}{2};$$

$$\sigma_T=\frac{M_T}{W_1}.$$

3.

$$T=6{,}1\cdot 9\left(\frac{1}{2}-\frac{2{,}661}{9}\right)=11{,}2\ \text{kN};$$

$$M_T=\frac{11{,}2}{2}\cdot\frac{10}{2}=28\ \text{kN cm};$$

$$\sigma_T=\frac{28\cdot 10^4}{4{,}8\cdot 10^3}=58{,}3\ \text{N/mm}^2.$$

4. Calculează tensiunea rezultantă;

$$\sigma=\sigma_N+\sigma_T\leqslant R.$$

4.

$$\sigma=145{,}7+58{,}3=204\ \text{N/mm}^2;$$

$$R=220\ \text{N/mm}^2.$$

f. *Verificarea grinzii în dreptul primului gol* (fig. 6.22)

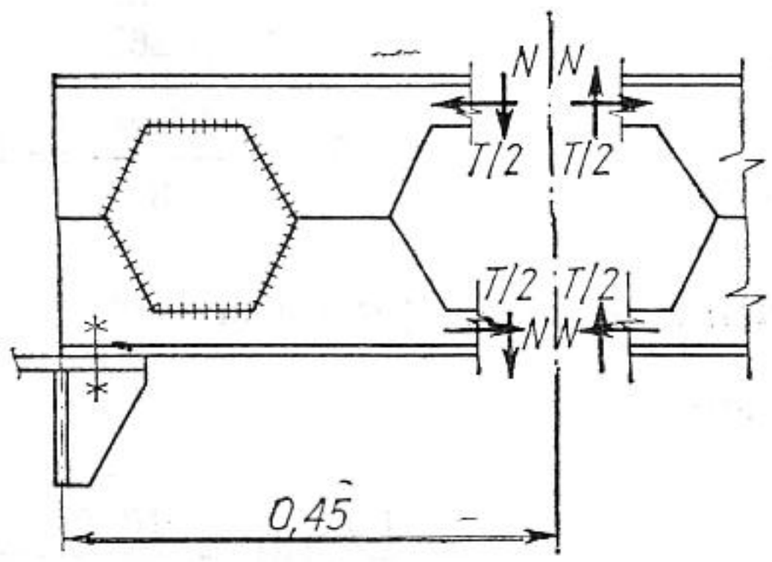


Fig. 6.22.

1. Calculează eforturile M, T în dreptul primului gol.

1.

$$M=11{,}7 \text{ kNm};$$

$$T=24{,}7 \text{ kN}.$$

2. Calculează tensiunile

$$\sigma_N=\frac{M}{h_2\cdot A_1};$$

$$\sigma_T=\frac{T\cdot b}{4\,W_1}.$$

2.

$$\sigma_N=\frac{11{,}7\cdot 10^6}{271{,}6\cdot 1\,300}=33{,}1 \text{ N/mm}^2;$$

$$\sigma_T=\frac{24{,}7\cdot 10^3\cdot 100}{4\cdot 4{,}8\cdot 10^3}=128{,}6 \text{ N/mm}^2.$$

3. Verifică tensiunea totală:

$$\sigma=\sigma_N+\sigma_T\leqslant R_c.$$

3.

$$\sigma=33{,}1+128{,}6=161{,}7 \text{ N/mm}^2;$$

$$R_c=240 \text{ N/mm}^2.$$

4. Verifică sudura de pe inima grinzii (fig. 6.23, *b*)

$$L=\frac{T\cdot S_x}{I_x}\cdot e;$$

$$\tau=\frac{L}{l_s\cdot d}\leqslant R_f^s.$$

4.

$$L=\frac{24{,}7\cdot 217}{5\,267}\cdot 30=30{,}5 \text{ kN};$$

$$\tau=\frac{30{,}5\cdot 10^3}{100\cdot 7{,}5}=40{,}7 \text{ N/mm}^2;$$

$$R_f^s=130 \text{ N/mm}^2.$$

g. *Alcătuirea grinzii se face ca în figura 6.23.*

Fig. 6.23.

CAPITOLUL 7

BARE SOLICITATE LA FORȚĂ AXIALĂ ȘI ÎNCOVOIERE

7.1. GENERALITĂȚI

Solicitarea de compresiune cu încovoiere se întîlnește, în construcții metalice, la stîlpii halelor industriale cu pod rulant, stîlpii închiderilor, unele bare ale grinzilor cu zăbrele etc.; acest tip de solicitare are drept situații extreme compresiunea ($M=0$; $N\neq 0$) și încovoierea ($M\neq 0$; $N=0$) și, în consecință, relațiile de verificare a barelor solicitate excentric, concepția secțiunii, sistematizările de calcul trebuie să aibă în vedere aceste două situații.

7.2. TIPURI DE SECȚIUNI

Secțiunile barelor solicitate la forță axială și încovoiere au diferite alcătuiri în funcție de valorile eforturilor M și N, raportul acestor eforturi, tipul elementelor de construcție din care fac parte. În figura 7.1 sînt reprezentate cîteva din secțiunile mai frecvent întîlnite la barele solicitate excentric.

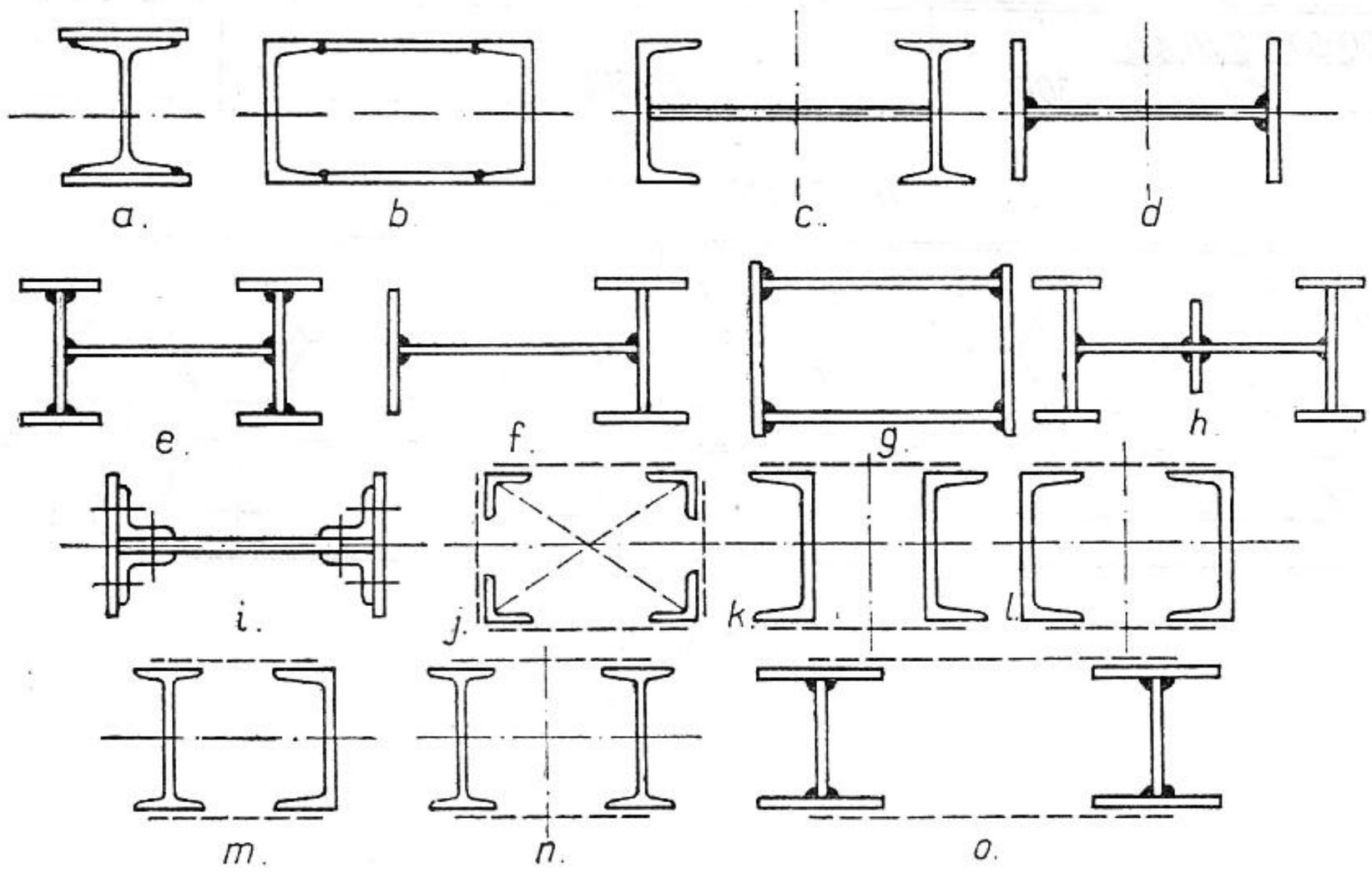


Fig. 7.1.

7.3. VERIFICARE

7.3.1. VERIFICĂRI DE REZISTENȚĂ ȘI STABILITATE

Barele cu secțiune plină, solicitate la *întindere și încovoiere*, se verifică cu relația:

$$\sigma = \frac{N}{A_n} + \frac{M}{W_n} \leqslant R,$$

în care:

N și M sînt eforturile de calcul, în centrul de greutate al secțiunii;

A_n — aria netă a secțiunii;

W_n — modulul de rezistență net, considerîndu-se numai slăbirile din zona întinsă fără a se lua în considerare deplasarea axei neutre.

Barele solicitate la *compresiune și încovoiere* trebuie să satisfacă condițiile de verificare din tabelul 7.1, notațiile fiind cele din figura 7.2. Termenii relațiilor din tabelul 7.1 au următoarele semnificații:

N, M_x, M_y din relațiile verificării de rezistență reprezintă eforturile de calcul în secțiunea ce se verifică;

M_x, M_y din relațiile verificării de stabilitate reprezintă momentele de calcul maxime de pe lungimea barei;

A, W_x, W_y — caracteristici ale secțiunii brute;

A_r — aria secțiunii brute a ramurii ce se verifică;

N_r — efortul axial maxim în ramură — pentru verificarea de stabilitate a ramurii; în cazul verificării de rezistență N_r, M — eforturile din secțiunea ce se verifică; N_r rezultă din N și M, la fel ca la o grindă cu zăbrele;

σ^*, τ — tensiuni corespunzătoare punctului de legătură între inima și talpa secțiunii;

R — rezistența de calcul a oțelului folosit (anexa 3, tab. 3.5);

φ — coeficientul de flambaj minim al barei calculat la fel ca la o bară comprimată centric; rezultă din anexa 3, tabelele 3.38 . . . 3.41, în funcție de un coeficient de zvelțețe calculat ca în tabelul 7.2;

$n_x = 1 - \frac{\sigma}{\sigma_{Ex}}$ — coeficient care exprimă creșterea momentului încovoietor M_x, datorită forței axiale N; $\sigma = \frac{N}{A}$; $\sigma_{Ex} = \frac{\pi^2 E}{\lambda_x^2}$;

n_y — se calculează la fel ca n_x, dar în funcție de λ_y;

c_x — coeficient care corectează valoarea factorului M_x/n_x în funcție de distribuția momentului încovoietor M_x pe bară (v. anexa 3, tab. 3.26);

c_y — coeficient care corectează valoarea factorului M_y/n_y în funcție de distribuția momentului încovoietor M_y pe bară (v. anexa 3, tab. 3.26);

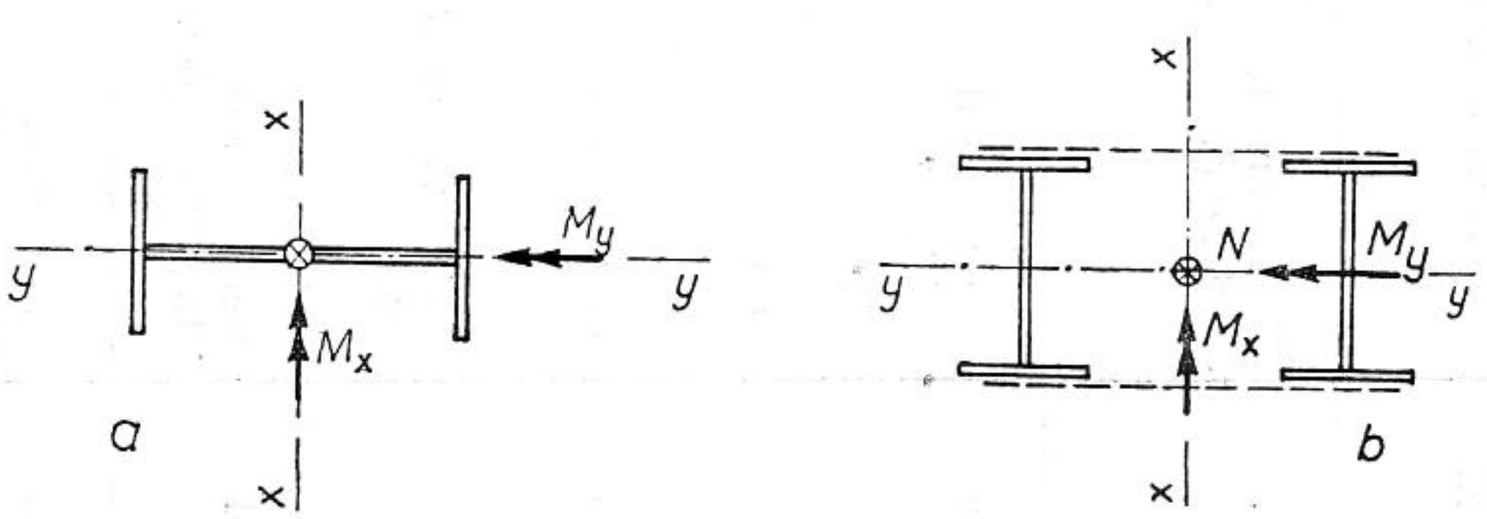


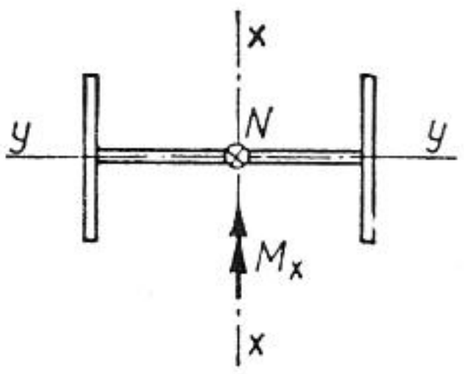
Fig. 7.2.

Tabelul 7.1.

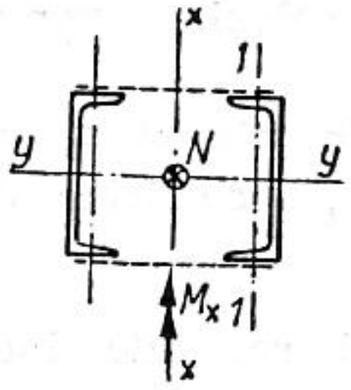
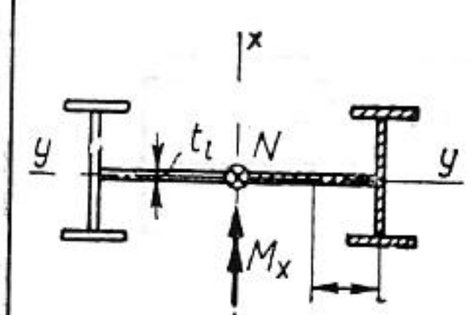
Nr. crt.	Tipul verificării	Bare cu secțiune plină (fig. 7.2, *a*)		Bare cu secțiunea compusă (fig. 7.2, *b*)	
		încovoiere pe o singură direcție ($M_y=0$)	Încovoiere pe două direcții	încovoiere pe o singură direcție ($M_y=0$)	Încovoiere pe două direcții
1	Verificări de rezistență	$\sigma=\frac{N}{A}+\frac{M_x}{W_x}\leqslant R$ $\sigma_{ech}=\sqrt{\sigma^{*2}+3\tau^2}$ $\leqslant 1{,}1\ R$	$\sigma=\frac{N}{A}+\frac{M_x}{W_x}+\frac{M_y}{W_y}\leqslant 1{,}1\ R$ $\sigma_{ech}=\sqrt{\sigma^{*2}+3\tau^2}\leqslant 1{,}1\ R$	$\sigma=\frac{N}{A}+\frac{M_x}{W_x}\leqslant R$	$\sigma=\frac{N}{A}+\frac{M_x}{W_x}+\frac{M_y}{W_y}\leqslant 1{,}1\ R$
2	Verificări de stabilitate cînd $\frac{N}{\varphi A}\leqslant 0{,}15\ R$	$\frac{N}{\varphi\cdot A}+\frac{M_x}{\varphi_g\cdot W_x}\leqslant R$	$\frac{N}{\varphi\cdot A}+\frac{M_x}{\varphi_g\cdot W_x}+\frac{c_yM_y}{W_y}\leqslant 1{,}1\ R$	$\frac{N}{\varphi A}+\frac{c_xM_x}{n_xW_x}\leqslant R$ [1] $\frac{N_r}{\varphi_{yr}\cdot A_r}\leqslant R$ $\varphi_1\geqslant\varphi$	$\frac{N}{\varphi A}+\frac{c_xM_x}{n_xW_x}+\frac{c_yM_y}{n_yW_y}\leqslant 1{,}1\ R$ [1] $\frac{N_r}{\varphi_{yr}\cdot A_r}+\frac{c_yM_y}{n_yW_y}\leqslant R$ $\varphi_1\geqslant\varphi$
3	Verificări de stabilitate cînd $\frac{N}{\varphi A}>0{,}15\ R$	$\frac{N}{\varphi\cdot A}+\frac{c_xM_x}{\varphi_g n_xW_x}\leqslant R$	$\frac{N}{\varphi\cdot A}+\frac{c_xM_x}{\varphi_g\cdot n_x\cdot W_x}+$ $+\frac{c_yM_y}{n_y\cdot W_y}\leqslant 1{,}1\ R$		
4	Verificări de stabilitate locală	v. pct. 7.3.2.		Se verifică ramura cu efort axial de compresiune maxim N_r, la fel ca la barele comprimate centric (v. pct. 5.5.4).	
5	Verificarea elementelor de solidarizare	—		v. pct. 7.3.3.	

[1] În cazul stîlpilor halelor industriale, $\varphi=\varphi_x$.

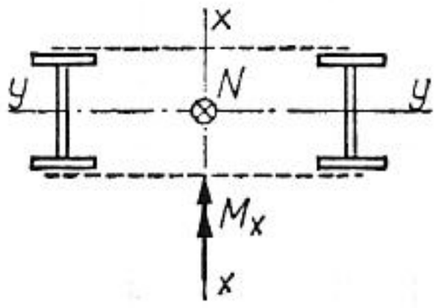
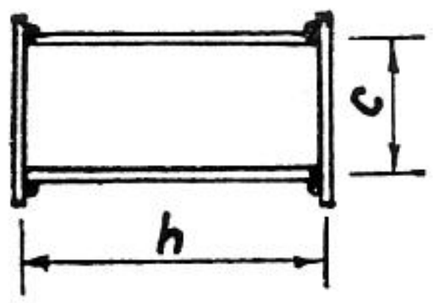
Tabelul 7.2

Nr. crt.	Secțiunea		Expresiile coeficienților de zvelțețe; coeficienți de flambaj
1	Secțiuni I, simetrice	φ	$\lambda_x = \dfrac{l_{fx}}{i_x} \xrightarrow[\text{OL ...}]{\text{curba } A} \varphi_x$ $\lambda_y = \dfrac{l_{fy}}{i_y} \xrightarrow[\text{OL ...}]{\text{curba } B} \varphi_y$ $\varphi = min\ (\varphi_x;\ \varphi_y)$
		φ_g	$\lambda_g = \gamma \cdot \lambda_y \xrightarrow[\text{OL ...}]{\text{curba } B} \varphi_g$ $\gamma = \sqrt{\dfrac{0{,}32}{\sqrt{\left(0{,}506\dfrac{v}{h}\mu^2\right)^2 + (0{,}25(\mu l/\mu_0 l_0)^2 + 0{,}039\left(\mu\dfrac{l}{h}\right)^2\dfrac{I_r}{I_y} - 0{,}506\dfrac{v}{h}\mu^2}}}$ *Observații* 1. Coeficientul γ se poate lua și direct din anexa 3, tabelul 3.25 în funcție de: $\left(\dfrac{l}{h}\right)^2 \cdot \dfrac{I_r}{I_y}$, μ, poziția încărcării; 2. Valorile din anexa 3, tabelul 3.25 sînt calculate pentru $\mu = \mu_0$ și $l = l_0$; 3. Dacă bara are legături transversale (în planul x—x) la distanțe $l_1 \leqslant 40\ i_{yt}$, $\varphi_g = 1$; dacă $l_1 > 40\ i_{yt}$ coeficientul de zvelțețe se calculează cu relația: $\lambda_g = \dfrac{l_1}{i_{yt}} \xrightarrow[\text{OL ...}]{\text{curba } B} \varphi_g$, în care i_{yt} reprezintă raza de inerție a tălpii comprimate în raport cu axa y—y; 4. Semnificațiile termenilor sînt date la pct. 6.3.2.
2	Secțiuni I, nesimetrice	φ	$\lambda_x = \dfrac{l_{fx}}{i_x} \xrightarrow[\text{OL ...}]{\text{curba } A} \varphi_x$ $\lambda_y = \dfrac{l_{fy}}{i_y} \xrightarrow[\text{OL ...}]{\text{curba C}} \varphi_y$ $\lambda_{ytr} = \gamma_2 \cdot \lambda_y \xrightarrow[\text{OL ...}]{\text{curba } B} \varphi_{ytr}$ $\gamma_2 = \sqrt{\dfrac{c^2 + i_c^2}{2c^2}\left[1 + \sqrt{1 - \dfrac{4c^2[i_p^2 + 0{,}093\ (\mu^2/\mu_0^2 - 1)y_c^2]}{(c^2 + i_c^2)^2}}\right]}$ $\varphi = min\ (\varphi_x;\ \varphi_y;\ \varphi_{ytr})$ Obs. Semnificațiile termenilor sînt date la pct. 5.5.2.

Tabelul 7.2 (continuare)

Nr. crt.	Secțiunea		Expresiile coeficienților de zvelțețe; coeficienți de flambaj
		φ_g	$\lambda_g = \gamma_1 \cdot \lambda_y \xrightarrow[\text{OL}\ldots]{\text{curba}\,B} \varphi_g$ $\gamma_1 = \sqrt{\dfrac{I_x}{eA\left[\sqrt{\left(0{,}506\nu\mu^2 \pm \dfrac{r_x}{3} \mp y_c\right)^2 + c^2} - \left(0{,}506\nu\mu^2 \pm \dfrac{r_x}{3} \mp y_c^2\right)\right]}}$ v. obs. *3* și *4* de la cazul *1*.
3	Secțiuni compuse din elemente mult depărtate solidarizate cu plăcuțe sau zăbreluțe 	φ	$\lambda_{xtr} \xrightarrow[\text{OL}\ldots]{\text{curba}\ B} \varphi_{xtr}$ $\lambda_y = \dfrac{l_{fy}}{i_y} \xrightarrow[\text{OL}\ldots]{\text{curba}\ B} \varphi_y$ $\varphi = min\ (\varphi_{xtr};\ \varphi_y)$ Obs. Expresiile coeficientului λ'_{xtr} sînt date în tabelele 5.3 și 5.4 în funcție de modul de solidarizare.
		φ_{yr}	$\lambda_{yr} = \dfrac{l_{fyr}}{i_{yr}} \xrightarrow[\text{oțel}\ldots]{\text{curba}\ldots} \varphi_{yr}$
		φ_1	$\lambda_1 = \dfrac{l_1}{i_1} \xrightarrow[\text{oțel}\ldots]{\text{curba}\ldots} \varphi_1;\ \varphi_1 \geqslant min\ (\varphi_{xtr};\ \varphi_y;\ \varphi_{yr})$
4	Secțiunile pline ale stîlpilor halelor industriale 	φ	Se calculează la fel ca în cazul *1*
		φ_g	Se acceptă să se folosească o relație mai simplă: $\lambda_g = \dfrac{l_{fy}}{i_{yr}} \xrightarrow[\text{oțel}\ldots]{\text{curba}\ldots} \varphi_g$, în care i_{yr} reprezintă raza de inerție a tălpii comprimate în raport cu axa y—y

Tabelul 7.2 (continuare)

Nr. crt.	Secțiunea	Expresiile coeficienților de zvelțețe; coeficienți de flambaj	
5	Secțiunile compuse ale stîlpilor halelor industriale 	φ	$\lambda_{xtr} \xrightarrow[\text{OL}\ldots]{\text{curba}\ldots} \varphi_{xtr};\ \varphi=\varphi_{xtr}$
		φ_{yr}	Se calculează la fel ca în cazul *3*
		φ_1	Se calculează la fel ca în cazul *3*
6	Secțiuni chesonate 	φ	Se calculează la fel ca în cazul *1*
		φ_g	$\varphi_g=1$ atunci cînd sînt îndeplinite condițiile: $\frac{h}{c} \leqslant 10;$ $\frac{l_1}{c} \leqslant 70 \sqrt{\frac{210}{R}}$ unde: l_1 reprezintă distanța între legăturile transversale ale tălpii comprimate; R — rezistența de calcul a oțelului folosit.

φ_g — coeficient care exprimă efectul pierderii stabilității barei datorită momentului încovoietor; coeficientul φ_g rezultă din anexa 3, tabelele 3.38 . . . 3.41, în funcție de un coeficient de zvelțețe λ_g calculat ca în tabelul 7.2;

φ_{yr} — coeficientul de flambaj al ramurii ce se verifică; rezultă din anexa 3, tabelele 3.38 . . . 3.41, la fel ca la barele comprimate centric (v. tab. 7.2); cînd efortul axial în ramură este variabil, se corectează lungimea de flambaj a ramurii ca în anexa 3, tabelul 3.11;

φ_1 — coeficientul de flambaj al ramurii între două noduri consecutive; rezultă din anexa 3, tabelele 3.38 . . . 3.41, la fel ca la barele comprimate centric (v. tab. 7.2).

În afară de verificările din tabelul 7.1, barele solicitate la compresiune cu încovoiere trebuie să satisfacă și condiția:

$$\lambda \leqslant \lambda_a,$$

unde:

λ reprezintă coeficientul de zvelțețe maxim al barei;

λ_a — zvelțețea admisibilă (anexa 3, tab. 3.22).

În schemele 7.1 și 7.2 este dată înșiruirea operațiilor necesare verificării unor bare cu secțiuni caracteristice stîlpilor halelor industriale (fig. 7.3).

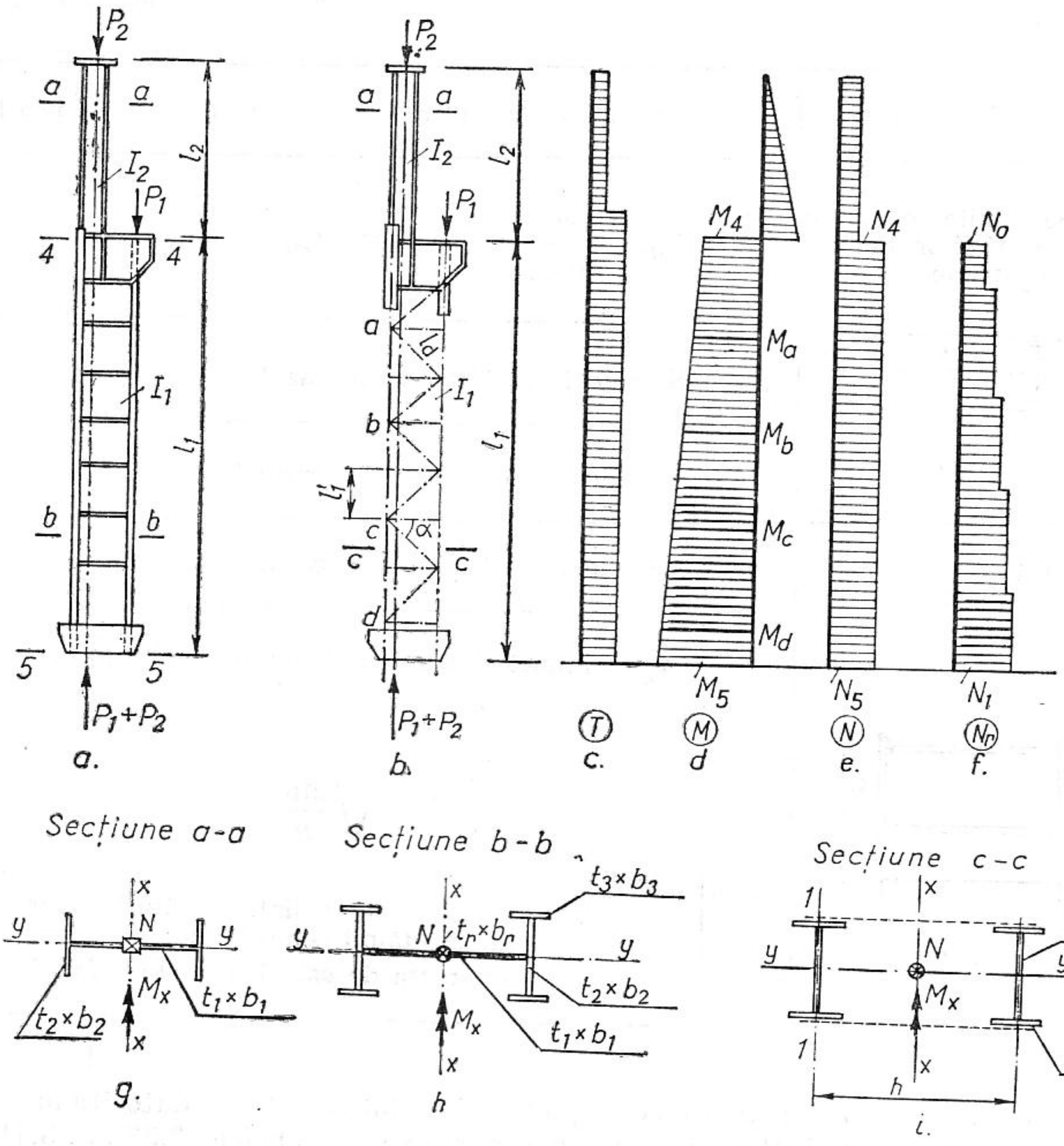


Fig. 7.3.

Schema 7.1

Verificarea barelor cu secțiune plină (fig. 7.3, *a*, *g*, *h*)

1. Elemente cunoscute:
   - lungimile l_1, l_2:
   - legăturile barei
   - forțele axiale P_1, P_2
   - diagramele de eforturi M, N, T
   - secțiunea barei
   - marca oțelului folosit R

↓

2. Calculează caracteristicile secțiunii:
   A, I_x, I_y, i_x, i_y, i_{yr}, W_x

↓

a. *Calculul lungimilor de flambaj*

↓

↓

3. Calculează rapoartele:

$$\frac{l_2}{l_1}; \quad \frac{P_1}{P_2}$$

↓

4. Stabilește coeficienții μ_1 și μ_2 după cum urmează:
   — din anexa 3, tabelul 3.21, cînd sînt îndeplinite condițiile:

$$\frac{l_2}{l_1} \leqslant 0{,}6 \text{ și } \frac{P_1}{P_2} \geqslant 3;$$

   — din anexa 3, tabelele 3.17 . . . 3.20, pentru celelalte cazuri

↓

5. Calculează lungimile de flambaj:

$$l_{1fx} = \mu_1 l_1; \; l_{1fy} = l_1$$
$$l_{2fx} = \mu_2 l_2; \; l_{2fy} = l_2$$

↓

b. *Verificarea de rezistență*

↓

6. Verifică îndeplinirea condiției de rezistență:

$$\sigma_{max} = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{W_x} \leqslant R$$

↓

c. *Verificarea de stabilitate*

↓

7. Calculează, în funcție de tipul secțiunii, coeficienții de zvelțe: (v. tab. 7.2)

$$\lambda_x = \frac{l_{fx}}{i_x} \leqslant \lambda_a$$

$$\lambda_y = \frac{l_{fy}}{i_y} \leqslant \lambda_a$$

$$\lambda_g = \frac{l_{fy}}{i_{yr}} \leqslant \lambda_a$$

↓

8. Din anexa 3, tabelele 3.38 . . . 3.41 stabilește coeficienții de flambaj (v. și tab. 7.2):

$$\lambda_x \xrightarrow[\text{oțel . . .}]{\text{curba . . .}} \varphi_x$$

$$\lambda_y \xrightarrow[\text{oțel . . .}]{\text{curba . . .}} \varphi_y$$

$$\lambda_g \xrightarrow[\text{oțel . . .}]{\text{curba . . .}} \varphi_g$$

↓

9. Stabilește coeficientul minim de flambaj:

$$\varphi = min\,(\varphi_x;\ \varphi_y)$$

10. ?

$$\frac{N}{\varphi A} \leqslant 0{,}15R$$

NU

DA

11. Verifică condiția de stabilitate

$$\frac{N}{\varphi \cdot A} + \frac{M_x}{\varphi_g \cdot W_x} \leqslant R$$

12. Stabilește coeficientul c_x (anexa 3, tab. 3.26)

13. Calculează:

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

$$\sigma_{Ex} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda_x^2}$$

$$n_x = 1 - \frac{\sigma}{\sigma_{Ex}}$$

14. Verifică condiția de stabilitate:

$$\frac{N}{\varphi \cdot A} + \frac{c_x \cdot M_x}{\varphi_g \cdot n_x \cdot W_x} \leqslant R$$

15. Calculează forța tăietoare:

$$T = T_{ef} + 0{,}012\,\frac{N}{\varphi_x}$$

16. Verifică tensiunea echivalentă:

$$\sigma^* = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{I_x} \cdot y^*$$

$$\tau = \frac{T}{A_i}$$

$$\sigma_{ech} = \sqrt{\sigma^{*2} + 3\,\tau^2} \leqslant 1{,}1R$$

d. *Verificarea stabilității locale* (v. pct. 7.3.2)

Schema 7.2

Verificarea barelor cu secțiune compusă (fig. 7.3, *b, i*)

1. Elemente cunoscute:
   - lungimile l_1, l_2;
   - legăturile barei;
   - forțele axiale P_1, P_2;
   - diagramele de eforturi M, N, T;
   - secțiunea barei;
   - sistemul de solidarizare a elementelor secțiunii;
   - marca oțelului R

↓

2. Calculează caracteristicile secțiunii
   A, A_r, I_x, I_y, I_{yr}, I_1, i_x, i_y, i_{yr}, i_1, W_x

↓

a. *Calculul lungimilor de flambaj*

↓

3. Calculează rapoartele: $\frac{l_2}{l_1}$; $\frac{P_1}{P_2}$

↓

4. Stabilește coeficienții μ_1, μ_2 după cum urmează:
   — din anexa 3, tabelul 3.21, cînd sînt îndeplinite condițiile:
   $$\frac{l_2}{l_1} \leqslant 0{,}6; \qquad \frac{P_1}{P_2} \geqslant 3;$$
   — din anexa 3, tabelele 3.17 . . . 3.20, pentru celelalte cazuri

↓

5. Calculează lungimile de flambaj:
   $$l_{1fx} = \mu_1 l_1; \; l_{1fy} = l_1; \qquad l_{2fx} = \mu_2 l_2; \; l_{2fy} = l_2$$

↓

b. *Verificarea de rezistență*

↓

6. Verifică îndeplinirea condiției de rezistență:
   $$\frac{N}{A} + \frac{M_x}{W_x} \leqslant R$$

↓

c. *Verificarea de stabilitate a ramurii cu compresiunea maximă*

↓

7. Calculează eforturile axiale la extremitățile ramurii (fig. 7.3, *f*):
   $$N_0 = \frac{N_4}{2} + \frac{M_4}{h}; \qquad N_1 = \frac{N_5}{2} + \frac{M_5}{h}$$

↓

8. Calculează lungimea de flambaj a ramurii, în planul $y-y$, ținînd cont că efortul axial este variabil (anexa 3, tab. 3.11):
   $$l_{fyr} = l_1 \sqrt{\frac{1+0{,}88N_0/N_1}{1{,}88}}$$

↓

9. Calculează coeficientul de zvelteță al ramurii:
   $$\lambda_{yr} = \frac{l_{fyr}}{i_{yr}} \leqslant \lambda_a \text{ (anexa 3, tab. 3.22)}$$

↓

10. Din anexa 3, tabelele 3.38 . . . 3.41, stabilește coeficientul de flambaj al ramurii:

$$\lambda_{yr} \xrightarrow[\text{oțel . . .}]{\text{curba . . .}} \varphi_r$$

11. Verifică stabilitatea ramurii în planul $y-y$:

$$\frac{N_r}{\varphi_r \cdot A_r} \leqslant R$$

$$N_r = max\,(N_0;\ N_1)$$

d. *Verificarea de stabilitate a ansamblului*

12. Calculează coeficienții de zvelțe:

$$\lambda_{xtr} \leqslant \lambda_a$$

$$\lambda_y = \frac{l_{1fy}}{i_y} \leqslant \lambda_a$$

Relația pentru calculul coeficientului λ_{xtr} se stabilește din tabelul 5.4, în funcție de sistemul de zăbrele

13. Din anexa 3, tabelele 3.38 . . . 3.41, stabilește coeficienții de flambaj:

$$\lambda_{xtr} \xrightarrow[\text{oțel . . .}]{\text{curba . . .}} \varphi_{xtr}$$

$$\lambda_y \xrightarrow[\text{oțel . . .}]{\text{curba . . .}} \varphi_y$$

14. Stabilește coeficientul c_x (anexa 3, tab. 3.26)

15. Calculează:

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

$$\sigma_{Ex} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2_{xtr}}$$

$$n_x = 1 - \frac{\sigma}{\sigma_{Ex}}$$

16. Verifică stabilitatea ansamblului:

$$\frac{N}{\varphi_{xtr} \cdot A} + \frac{c_x \cdot M_x}{n_x \cdot W_x} \leqslant R$$

Schema 7.2 *(continuare)*

e. *Verificarea de stabilitate a ramurii pe distanța între două noduri*

↓

17. Calculează coeficientul de zvelteţe:

$$\lambda_1 = \frac{l'_1}{i_1}$$

↓

18. Din anexa 3, tabelele 3.38 . . . 3.41, stabilește coeficientul de flambaj:

$$\lambda_1 \xrightarrow[\text{oțel . . .}]{\text{curba . . .}} \varphi_1$$

↓

19. Verifică îndeplinirea condiției:

$$\varphi_1 \geqslant min\,(\varphi_{xtr};\ \varphi_y;\ \varphi_{yr})$$

↓

f. *Verificarea stabilității locale a pereților ramurii cu compresiunea maximă* (v. pct. 7.3.2)

↓

g. *Verificarea sistemului de zăbrele* (v. pct. 7.3.3)

7.3.2. SUPLEȚEA MAXIMĂ A PEREȚILOR BARELOR SOLICITATE LA COMPRESIUNE ȘI ÎNCOVOIERE

Supleţea maximă a tălpilor. Tălpile, avînd tensiuni relativ constante pe suprafața secțiunii lor, au suplețe maxime la fel ca în cazul barelor comprimate centric (v. pct. 5.5.4); în tabelul 7.3 sînt reluate relațiile supleţelor maxime pentru cîteva tipuri de secțiuni.

Supleţea maximă a inimilor. Inimile, avînd tensiuni variabile în lungul lor, au supleţea maximă în funcție de coeficientul:

$$\psi = \frac{\sigma - \sigma'}{\sigma},$$

în care σ și σ' se iau cu semnele lor (fig. 7.4):

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{I_x} \cdot \frac{h_0}{2} \text{ (tensiunea maximă);}$$

$$\sigma' = \frac{N}{A} - \frac{M}{I_x} \cdot \frac{h_0}{2} \text{ (tensiunea minimă).}$$

Dacă inima secțiunii are rigidizare longitudinală, tensiunile σ și σ' se calculează între talpă și rigidizare.

Expresiile supleţelor limită ale inimii, în funcție de coeficientul ψ, sînt date în tabelul 7.3.

Semnificațiile termenilor din tabelul 7.3 sînt următoarele:

λ reprezintă coeficientul de zvelteţe maxim al barei, $\lambda = max\,(\lambda_x;\ \lambda_y)$;

R — rezistența de calcul a oțelului, în N/mm²;

k_1 — rezultă din anexa 3, tabelul 3.31 în funcție de coeficientul de zvelteţe maxim;

β — se consideră zero cînd legăturile între inimă și tălpi reprezintă încastrări și unu pentru legături articulate.

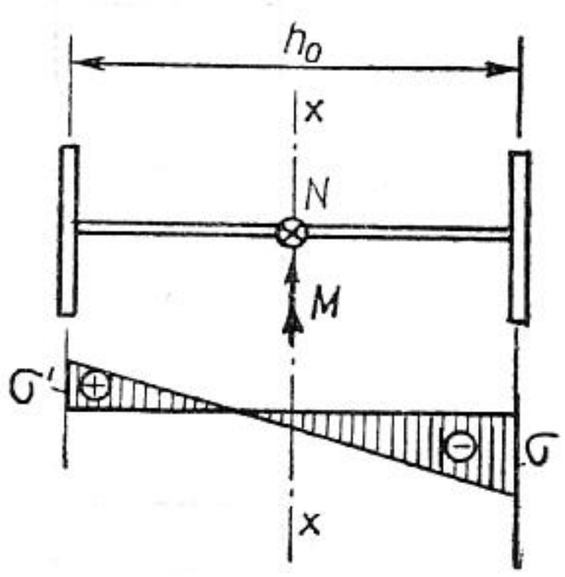
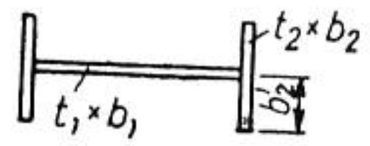
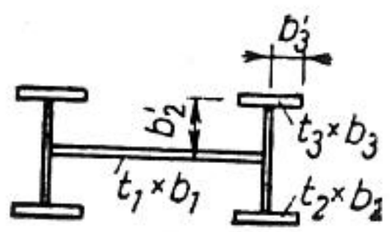
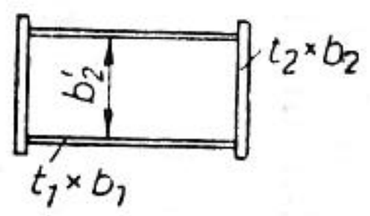
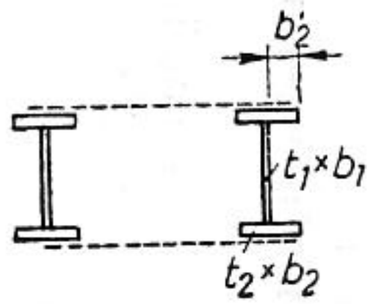


Fig. 7.4.

Tabelul 7.3

Nr. crt.	Secțiunea	Suplețea maximă a tălpilor	Suplețea maximă a inimilor pentru:		
			$\psi \leqslant 0{,}5$	$\psi \geqslant 1$	$0{,}5 < \psi < 1$
1.		$\frac{b_2'}{t_2} \leqslant k_1$ k_1 — anexa 3, tabelul 3.31.	$\frac{b_1}{t_1} \leqslant 40 \sqrt{\frac{210}{R}} + 0{,}4\lambda$		Suplețea maximă a inimii se stabilește prin interpolare liniară între valorile obținute pentru $\psi = 0{,}5$ și $\psi = 1$
2.		$\frac{b_3'}{t_3} \leqslant k_1$ $\frac{b_2'}{t_2} \leqslant 40 \cdot \sqrt{\frac{210}{R}} + 0{,}4\lambda$ k_1 — anexa 3, tabelul 3.31.		$\frac{b_1}{t_1} \leqslant 100 \sqrt{\frac{20 \cdot k_3}{\sigma(2 - \psi + \sqrt{\psi^2 + 4\delta^2})}}$ $\delta = 0{,}07\ k_3 \cdot \frac{\tau}{\sigma}$ k_3 — anexa 3, tabelul 3.32 σ, în N/mm²	
3.		$\frac{b_2'}{t_2} \leqslant 20 \sqrt{4 + 3(1-\beta)} \sqrt{\frac{210}{R}} + 0{,}2\lambda \leqslant 75$	$\frac{b_1}{t_1} \leqslant 20 \sqrt{4 + 3(1-\beta)} \cdot \sqrt{\frac{210}{R}} + 0{,}2\lambda$		
4.		$\frac{b_2'}{t_2} \leqslant k_1$ $\frac{b_1}{t_1} \leqslant 40 \sqrt{\frac{210}{R}} + 0{,}4\lambda$ k_1 — anexa 3, tabelul 3.31.			

7.3.3. VERIFICAREA ZĂBRELUȚELOR ȘI PLĂCUȚELOR DE SOLIDARIZARE A ELEMENTELOR SECȚIUNILOR COMPUSE

Verificarea se face ca la punctul 5.5.5, la forța tăietoare efectivă T_{ef} adăugîndu-se efectul flambajului, adică:

$$T = T_{ef} + 0{,}012 \frac{N}{\varphi},$$

unde:

T_{ef} reprezintă forța tăietoare efectivă;

N — forța axială;

φ — coeficientul de flambaj în planul zăbrelușelor sau plăcuțelor.

În cazul barelor cu forțe tăietoare importante nu se recomandă folosirea plăcuțelor.

7.4. DIMENSIONARE

Dimensionarea secțiunii unei bare solicitată la compresiune și încovoiere are un caracter iterativ necesitînd parcurgerea a două etape:

— alegerea secțiunii;

— verificarea barei cu secțiunea aleasă.

Secțiunea se consideră corespunzătoare cînd sînt satisfăcute toate condițiile cerute de verificarea barei: verificări de rezistență, stabilitate și stabilitate locală.

În schemele 7.3, 7.4 și 7.5 este dată înșiruirea operațiilor necesare dimensionării unor secțiuni caracteristice stîlpilor halelor industriale.

Schema 7.3

Dimensionarea secțiunilor I, simetrice (fig. 7.3, *g*)

1. Elemente cunoscute:
   — efortul axial de calcul N
   — momentul încovoietor de calcul M_x

↓

a. *Alegerea secțiunii*

↓

2. Propune:
   — marca oțelului R (anexa 3, tab. 3.5)
   — înălțimea inimii b_1

↓

3. Stabilește grosimea inimii:

$$t_1 \approx \frac{b_1}{100}$$

↓

4. Calculează coeficienții:

$$b = \frac{N}{R \cdot t_1 \cdot b_1}$$

$$d = \frac{6{,}15 \cdot M_x}{b_1 \cdot N}$$

$$r = 4 - 3b - b \cdot d$$

$$s = 1 - b - b \cdot d$$

↓

Schema 7.3 *(continuare)*

↓

5. Calculează coeficientul de distribuție al materialului secțiunii:

$$\beta = \frac{-r \pm \sqrt{r^2 - 12s}}{6}$$

(Se reține valoarea pozitivă a coeficientului β)

↓

6. Propune:

$$t_2 \geqslant t_1$$

↓

7. Calculează:

$$b_2 = \frac{\beta \cdot t_1 \cdot b_1}{2 \cdot t_2}$$

↓

8. Verifică condiția:

$$b_2 \leqslant 30\ t_2;$$

în cazul cînd nu este satisfăcută această condiție, se mărește t_2 și se recalculează b_2

↓

b. *Verifică secțiunea obținută* (v. schema 7.1)

Schema 7.4

Dimensionarea secțiunilor I, simetrice, cu adaosuri (fig. 7.3, *h*)

1. Elemente cunoscute:
   — efortul axial de calcul N
   — momentul încovoietor de calcul M_x

↓

a. *Alegerea secțiunii*

↓

2. Propune:
   — marca oțelului R (anexa 3, tab. 3.5)
   — înălțimea inimii b_1

↓

3. Stabilește grosimea inimii:
   — pentru secțiuni fără rigidizare longitudinală ($t_r \times b_r$):

$$t_1 \approx \frac{b_1}{100}$$

   — pentru secțiuni cu rigidizare longitudinală:

$$t_1 \approx \frac{b_1}{150}$$

↓

↓

4. Calculează coeficienţii:

$$b = \frac{N}{R \cdot t_1 \cdot b_1}$$

$$d = \frac{6,5 M_x}{b_1 \cdot N}$$

$$r = 4 - 3 \cdot b - b \cdot d$$

$$s = 1 - b - b \cdot d$$

↓

5. Calculează coeficientul de distribuţie a materialului secţiunii:

$$\beta = \frac{-r \pm \sqrt{r^2 - 12s}}{6}$$

↓

6. Propune:

$$t_2 \geqslant t_1$$

$$\beta_1 = 0,4 \ldots 0,8$$

↓

7. Calculează lăţimea tălpii:

$$b_2 = \frac{\beta}{1 + \beta_1} \cdot \frac{t_1 \cdot b_1}{2 \cdot t_2}$$

↓

8. Verifică condiţiile:

$$\frac{b_2}{t_2} \leqslant 100$$

$$\frac{b_2}{b_1} \leqslant 0,5$$

în cazul cînd nu sînt satisfăcute aceste condiţii (aproximative), se modifică valorile propuse la punctul 6 al schemei şi se recalculează b_2

↓

9. Propune grosimea adaosurilor:

$$t_3 \geqslant t_2$$

↓

10. Calculează:

$$b_3 = \frac{\beta \cdot t_1 \cdot b_1 - 2t_2 \cdot b_2}{4t_3}$$

↓

Schema 7.4 (*continuare*)

↓

11. Verifică condiția:

$$b_3 \leqslant 30\ t_3$$

în cazul cînd nu este îndeplinită această condiție (aproximativă), se modifică t_3 și se recalculează b_3

↓

12. Stabilește dimensiunile rigidizării longitudinale:

$$t_r \geqslant 0{,}75\ t_1$$

$$b_r = 2{,}1 \cdot t_1 \sqrt[3]{\frac{b_1}{t_r}}$$

↓

b. *Verificarea secțiunii* (v. schema 7.1)

Schema 7.5

Dimensionarea secțiunilor compuse din elemente mult depărtate (fig. 7.3, *b, i*)

1. Elementele cunoscute:
   - efortul axial de calcul N;
   - momentul încovoietor de calcul M_x;
   - lungimea barei l_1

↓

a. *Alegerea secțiunii ramurii*

↓

2. Propune:
   - marca oțelului R (anexa 3, tab. 3.5)
   - înălțimea secțiunii h

↓

3. Calculează eforturile axiale la extremitățile ramurii

$$N_0 = \frac{N_4}{2} + \frac{M_4}{h}; \quad N_1 = \frac{N_5}{2} + \frac{M_5}{h}$$

↓

4. Calculează lungimea de flambaj a ramurii în planul $y-y$ (anexa 3, tab. 3.11)

$$l_{fyr} = l_1 \sqrt{\frac{1 + 0{,}88\ N_0/N_1}{1{,}88}};$$

pentru cazul cînd ramura are legături articulate la capete, în planul $x-x$.

↓

5. Propune suplețea inimii ramurii:

$$n = \frac{b_1}{t_1} = 40 \ldots 60$$

↓

↓

6. Calculează coeficienţii:

$$a=\sqrt{\frac{12}{n}}$$

$$c=l_{fyr}\sqrt{\frac{R}{N_1}}$$

$$\xi=a\cdot c$$

↓

7. Stabileşte coeficienţii λ şi φ, din anexa 3, tabelele 3.39 . . . 3.41 în funcţie de marca oţelului, ξ, curba *A*

↓

8. Calculează supleţea maximă admisă a inimii:

$$n_{max}=40\sqrt{\frac{210}{R}}+0,4\lambda$$

↓

9. Verifică condiţia:

$$n\leqslant n_{max}$$

În cazul cînd condiţia nu este îndeplinită se reia calculul de la punctul 5 al schemei cu o valoare $n\leqslant n_{max}$.

↓

10. Calculează aria necesară a ramurii:

$$A^r{}_{nec}=\frac{N_r}{\varphi\cdot R},$$

unde $N_r=max\,(N_0;\ N_1)$

↓

11. Propune o valoare uzuală pentru grosimea inimii t_1

↓

12. Calculează:

$$b_1=n\cdot t_1$$

↓

13. Propune $t_2\geqslant t_1$

↓

14. Calculează:

$$b_2=\frac{A^r_{nec}-t_1\cdot b_1}{2\cdot t_2};$$

în această relaţie b_1 se introduce cu o valoare rotunjită la o dimensiune uzuală

↓

Schema 7.5 (*continuare*)

↓

15. Verifică condițiile:

$$b_2 \leqslant 30\ t_2$$

$$\frac{b_2}{b_1} = 0{,}2 \ldots 0{,}5$$

în cazul cînd nu sînt îndeplinite aceste condiții, se modifică t_2 și se recalculează b_2

↓

b. *Verificarea secțiunii ramurii*

↓

16. Calculează caracteristicile secțiunii ramurii

$$A_r,\ I_{yr},\ i_{yr}$$

↓

17. Calculează coeficientul de zvelteţe al ramurii:

$$\lambda = \frac{l_{fyr}}{i_{yr}} \leqslant \lambda_a \text{ (anexa 3, tab. 3.22)}$$

↓

18. Din anexa 3, tabelele 3.39 . . . 3.41, scoate coeficientul de flambaj φ în funcție de λ, marca oțelului, curba A

↓

19. Verifică stabilitatea ramurii în planul $x-x$:

$$\frac{N_r}{\varphi \cdot A_r} \leqslant R$$

↓

c. *Dimensionarea zăbreluțelor*

↓

20. Calculează:

$$T = T_{ef} + 0{,}012\,\frac{N}{\varphi}$$

↓

21. Calculează raza de inerție a ramurii, i_1, față de axa proprie $1-1$, paralelă cu axa $x-x$ (fig. 7.3, *i*)

↓

22. Calculează distanța maximă între nodurile sistemului de zăbrele:

$$l_1 \leqslant 0{,}85 \cdot l_{fyr} \cdot \frac{i_1}{i_{yr}}$$

↓

23. Propune sistemul de zăbrele (fig. 7.3, *b*)

↓

Schema 7.5 *(continuare)*

24. Calculează:

$$l_a=\sqrt{l_1^2+h^2}$$

$$\cos\alpha=\frac{h}{l_a}$$

↓

25. Calculează efortul axial de compresiune în zăbreluță (ca la o grindă cu zăbrele):

$$D=\frac{T}{2\cdot\cos\alpha}$$

↓

26. Propune cornierul zăbreluței și caracteristicile lui:
- marca oțelului;
- aria secțiunii A_1;
- raza de inerție minimă i_{min}

↓

27. Calculează:

$$\lambda=\frac{l_a}{i_{min}}\leqslant\lambda_a \text{ (anexa 3, tab. 3.22)}$$

↓

28. Din anexa 3, tabelele 3.39 . . . 3.41, în funcție de λ, marca oțelului, curba C (pentru secțiuni formate dintr-un cornier), scoate coeficientul φ

↓

29. Verifică stabilitatea zăbreluței:

$$\frac{D}{\varphi A_1}\leqslant mR$$

$m=0{,}9$ cînd corniera este cu aripi neegale și este prinsă pe aripa lată; $m=0{,}75$ în celelalte cazuri

↓

d. *Verificarea secțiunii barei* (v. schema 7.8)

7.5. CONDIȚII CONSTRUCTIVE

Rigidizări transversale. Inimile stîlpilor cu secțiune plină sînt prevăzute cu rigidizări transversale pe ambele părți cînd:

$$\frac{h_0}{t_i}>100\sqrt{\frac{210}{R}},$$

în care:

h_0 reprezintă lățimea liberă a secțiunii inimii (între două tălpi sau între o talpă și o rigidizare longitudinală cînd aceasta este prevăzută);

t_i — grosimea inimii;

R — rezistența de calcul a oțelului folosit, în N/mm².

Distanța maximă între rigidizările transversale se stabilește astfel:

$$a \leqslant 2{,}5\, h_0, \text{ cînd } h_0 \leqslant 100\, t_i;$$

$$a \leqslant 2\, h_0, \text{ cînd } h_0 > 100\, t_i.$$

Lățimea și grosimea rigidizărilor transversale se stabilesc astfel:

$$b_r \geqslant \frac{h_i}{30} + 40 \text{ mm};$$

$$t_r \geqslant \frac{b_r}{15}.$$

Rigidizări longitudinale. Cînd inimile stîlpilor se alcătuiesc cu suplețe mari, se prevăd rigidizări longitudinale; momentul de inerție la răsucire I_r al unei astfel de rigidizări trebuie să satisfacă condiția:

$$I_r \geqslant 6\, t_i^3 h_0.$$

Rigidizările longitudinale se alcătuiesc, în general, neîntrerupte, iar secțiunea lor intră în calculul de rezistență și stabilitate.

Diafragme. Stîlpii cu secțiune mare se întăresc cu diafragme care leagă ramurile verticale ale stîlpului:

— distanța maximă între diafragme este de aproximativ 4 m;

— pe o porțiune de stîlp, cu secțiunea uniformă, se prevăd cel puțin două diafragme intermediare.

7.6. APLICAȚII

APLICAȚIA 7.1. Să se calculeze stîlpul de hală industrială din figura 7.5 cunoscînd:

— stîlpul se alcătuiește cu secțiunea variabilă, cu o singură treaptă;

— treapta superioară se alcătuiește cu secțiunea I simetrică (fig. 7.3, g), oțel OL 37;

— treapta inferioară se alcătuiește cu secțiunea în două variante:

- **secțiune plină (fig. 7.3, h), oțel OL 52;**
- **secțiune compusă din elementele mult depărtate (fig. 7.3, i), oțel OL 52;**

— raportul momentelor de inerție, $I_2/I_1 = 0{,}16$, iar capătul superior al stîlpului este cu rotiri libere și deplasări împiedicate (fig. 7.5, b);

— solicitările sînt date în figura 7.5, c, d, e.

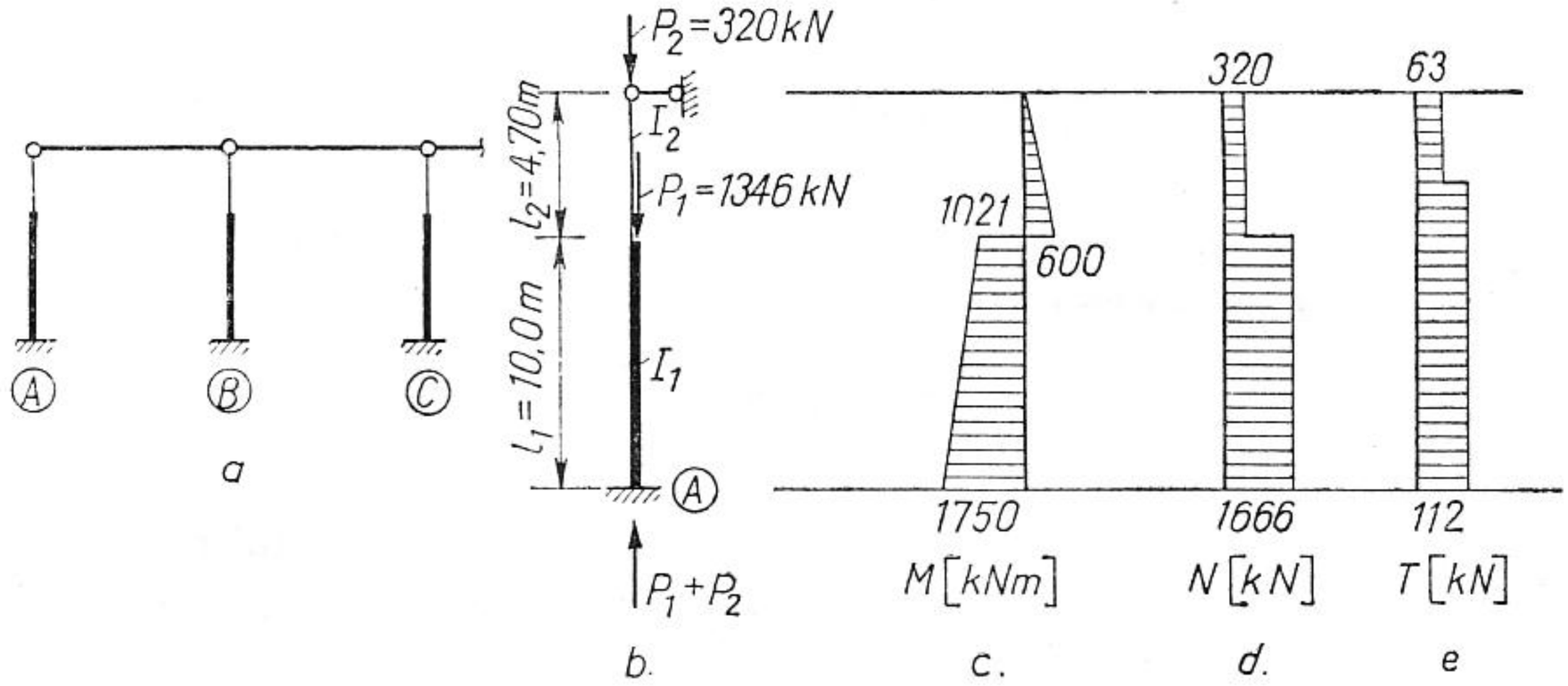


Fig. 7.5.

Rezolvare

A. *Dimensionarea secțiunii treplei superioare* (v. schema 7.3)

1. Elemente cunoscute:
— efortul axial de calcul N;
— momentul încovoietor M_x.

1. În figura 7.5 sînt date diagramele de eforturi.

a. *Alegerea secțiunii*

2. Propune:
— marca oțelului R;
— înălțimea inimii b_1.

2. Se propun:
— oțel OL 37, $R=220$ N/mm²;
— $b_1=800$ mm.

3. Stabilește grosimea inimii:

$$t_1 \approx \frac{b_1}{100};$$

3.

$$t_1 \approx \frac{800}{100}=8 \text{ mm}.$$

4. Calculează coeficienții

$$b=\frac{N}{R \cdot t_1 \cdot b_1};$$

$$d=\frac{6{,}15 \cdot M_x}{b_1 \cdot N};$$

$$r=4-3b-bd;$$

$$s=1-b-bd.$$

4.

$$b=\frac{320 \cdot 10^3}{220 \cdot 8 \cdot 800}=0{,}227;$$

$$d=\frac{6{,}15 \cdot 600 \cdot 10^6}{800 \cdot 320 \cdot 10^3}=14{,}414;$$

$$r=4-3 \cdot 0{,}227-0{,}227 \cdot 14{,}414=$$
$$=0{,}047;$$

$$s=1-0{,}227-0{,}227 \cdot 14{,}414=-2{,}499.$$

5. Calculează coeficientul de distribuție a materialului secțiunii:

$$\beta=\frac{-r \pm \sqrt{r^2-12 \cdot s}}{6}$$

5.

$$\beta=\frac{-0{,}047 \pm \sqrt{0{,}047^2+12 \cdot 2{,}499}}{6}=0{,}905.$$

6. Propune grosimea tălpii:

$$t_2 \geqslant t_1.$$

6. Se propune $t_2=10$ mm.

7. Calculează lățimea tălpii:

$$b_2=\frac{\beta \cdot t_1 \cdot b_1}{2 \cdot t_2}.$$

7.

$$b_2=\frac{0{,}905 \cdot 8 \cdot 800}{2 \cdot 10}=289{,}6 \text{ mm};$$

rotund, $b_2=290$ mm.

8. Verifică condiția:

$$b_2 \leqslant 30\ t_2.$$

8.

$$290<30 \cdot 10.$$

Secțiunea obținută este reprezentată în figura 7.6.

b. *Verificări de rezistență și stabilitate* (v. schema 7.1)

1. Elemente cunoscute.

1. Ca în enunțul problemei.

2. Calculează caracteristicile secțiunii (fig. 7.6, *a*):
— aria secțiunii A;

2.

$A=122$ cm²;

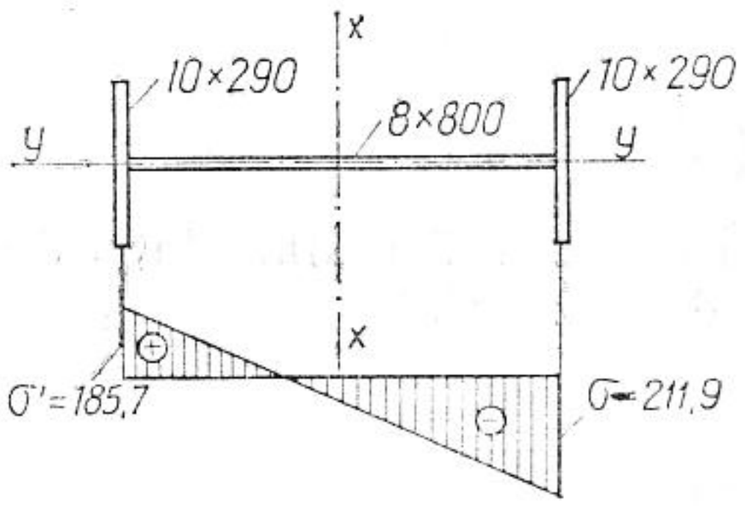


Fig. 7.6.

— razele de inerție ale întregii secțiuni: i_x, i_y;

— raza de inerție a tălpii comprimate i_{yt}, în raport cu axa $y-y$;

— modulul se rezistență W_x.

$i_x=32{,}55$ cm; $i_y=5{,}77$ cm;

$i_{yt}=8{,}37$ cm;

$W_x=3\,153$ cm^3.

3. Calculează rapoartele:

$$\frac{l_2}{l_1};$$

$$\frac{P_1}{P_2}.$$

3.

$$\frac{l_2}{l_1}=\frac{4{,}70}{10{,}00}=0{,}47;$$

$$\frac{P_1}{P_2}=\frac{1\,346}{320}=4{,}21.$$

4. Stabilește coeficienții μ_1 și μ_2.

4. Deoarece $l_2/l_1<0{,}6$ și $P_1/P_2>3$, coeficienții rezultă din anexa 3, tabelul 3.21: $\mu_1=1{,}6$; $\mu_2=2{,}5$.

5. Calculează lungimile de flambaj:

$$l_{2fx}=\mu_2\cdot l_2;$$

$$l_{2fy}=l_2.$$

5.

$l_{2fx}=2{,}5\cdot 470=1\,175$ cm;

$l_{2fy}=470$ cm.

6. Verifică condiția de rezistență:

$$\sigma_{max}=\frac{N}{A}+\frac{M_x}{W_x}\leqslant R.$$

6.

$$\sigma_{max}=\frac{320\cdot 10^3}{122\cdot 10^2}+\frac{600\cdot 10^6}{3\,153\cdot 10^3}=$$
$$=216{,}5\ \text{N/mm}^2<R.$$

7. Calculează coeficienții de zvelțețe:

$$\lambda_x=\frac{l_{2fx}}{i_x};$$

$$\lambda_y=\frac{l_{2fy}}{i_y};$$

$$\lambda_g=\frac{l_{2fy}}{i_{yt}}.$$

7.

$$\lambda_x=\frac{1\,175}{32{,}55}=36{,}1<120;$$

$$\lambda_y=\frac{470}{5{,}77}=81{,}5;$$

$$\lambda_g=\frac{470}{8{,}37}=56{,}2$$

8. Stabilește coeficienții de flambaj:

$\lambda_x \xrightarrow[\text{OL 37}]{\text{curba } A} \varphi_x$;

$\lambda_y \xrightarrow[\text{OL 37}]{\text{curba } B} \varphi_y$;

$\lambda_g \xrightarrow[\text{OL 37}]{\text{curba } A\ (B)} \varphi_g$.

8.

$\varphi_x=0{,}962$;

$\varphi_y=0{,}682$;

$\varphi_g=0{,}850$.

9. Stabilește coeficientul minim de flambaj

$$\varphi = min(\varphi_x;\ \varphi_y).$$

9.

$$\varphi = min(0{,}962;\ 0{,}682) = 0{,}682.$$

10. Verifică condiția:

$$\frac{N}{\varphi \cdot A} \leqslant 0{,}15\ R.$$

10.

$$\frac{N}{\varphi \cdot A} = \frac{320 \cdot 10^3}{0{,}682 \cdot 122 \cdot 10^2} =$$
$$= 38{,}5\ \text{N/mm}^2 > 0{,}15\ R.$$

11. Stabilește coeficientul c_x.

11. Pentru:

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{0{,}00}{600} = 0{,}00,$$

din anexa 3, tabelul 3.26 rezultă $c_x = 0{,}548$.

12. Calculează:

$$\sigma = \frac{N}{A};$$

$$\sigma_{Ex} = \frac{\pi^2 E}{\lambda_x^2};$$

$$n_x = 1 - \frac{\sigma}{\sigma_{Ex}}.$$

12.

$$\sigma = \frac{320 \cdot 10^3}{122 \cdot 10^2} = 26{,}2\ \text{N/mm}^2;$$

$$\sigma_{Ex} = \frac{3{,}14^2 \cdot 2{,}1 \cdot 10^5}{36{,}1^2} = 1\ 589\ \text{N/mm}^2;$$

$$n_x = 1 - \frac{26{,}2}{1\ 589} = 0{,}983.$$

13. Verifică condiția de stabilitate:

$$\frac{N}{\varphi A} + \frac{c_x \cdot M_x}{\varphi_g \cdot n_x \cdot W_x} \leqslant R.$$

13.

$$\frac{320 \cdot 10^3}{0{,}682 \cdot 122 \cdot 10^2} + \frac{0{,}548 \cdot 600 \cdot 10^6}{0{,}850 \cdot 0{,}983 \cdot 3\ 153 \cdot 10^3} =$$
$$= 163{,}3\ \text{N/mm}^2 < R.$$

14. Calculează forța tăietoare:

$$T = T_{ef} + 0{,}012\ \frac{N}{\varphi_x};$$

14.

$$T = 63 + 0{,}012\ \frac{320}{0{,}962} = 67\ \text{kN}.$$

15. Verifică tensiunea echivalentă:

$$\sigma^* = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{I_x} \cdot y^*;$$

$$\tau = \frac{T}{A_i};$$

$$\sigma_{ech} = \sqrt{\sigma^{*2} + 3\tau^2} \leqslant 1{,}1\ R$$

15.

$$\sigma^* = \frac{320 \cdot 10^3}{122 \cdot 10^2} + \frac{600 \cdot 10^6}{129\ 268 \cdot 10^4} \cdot 400 =$$
$$= 211{,}9\ \text{N/mm}^2;$$

$$\tau = \frac{67 \cdot 10^3}{8 \cdot 800} = 10{,}5\ \text{N/mm}^2;$$

$$\sigma_{ech} = \sqrt{211{,}9^2 + 3 \cdot 10{,}5^2} =$$
$$= 212{,}7\ \text{N/mm}^2 < 1{,}1\ R.$$

c. *Verificări de stabilitate locală* (v. pct. 7.3.2)

1. Verifică suplețea tălpii:

$$\frac{b_2'}{t_2} \leqslant k_1.$$

1. Din anexa 3, tabelul 3.31, pentru $\lambda = max(\lambda_x;\ \lambda_y) = 81{,}5$, rezultă $k_1 = 16{,}9$;

$$\frac{b_2'}{t_2} = \frac{290 - 10}{2 \cdot 10} = 14.$$

2. Calculează tensiunile la extremitățile inimii (fig. 7.6):

2.

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{I_x} \cdot \frac{h_0}{2};$$

$$\sigma = \frac{320 \cdot 10^2}{122 \cdot 10^2} + \frac{600 \cdot 10^6}{129\,268 \cdot 10^4} \cdot 400 =$$

$$= 211{,}9 \ \text{N/mm}^2;$$

$$\sigma' = \frac{N}{A} - \frac{M_x}{I_x} \cdot \frac{h_0}{2};$$

$$\sigma' = \frac{320 \cdot 10^3}{122 \cdot 10^2} - \frac{600 \cdot 10^6}{129\,268 \cdot 10^4} \cdot 400 =$$

$$= -185{,}7 \ \text{N/mm}^2.$$

3. Calculează termenul:

3.

$$\psi = \frac{\sigma - \sigma'}{\sigma};$$

$$\psi = \frac{-211{,}9 - 185{,}7}{-211{,}9} = 1{,}88 > 1.$$

4. Calculează suplețea limită (pentru $\psi \geqslant 1$):

4. Din anexa 3, tabelul 3.32, în funcție de ψ, rezultă $k_3 = 57{,}22$;

$$\delta = 0{,}07 \cdot k_3 \frac{\tau}{\sigma};$$

$$\delta = 0{,}07 \cdot 57{,}22 \cdot \frac{10{,}5}{211{,}9} = 0{,}20;$$

$$\left(\frac{b_1}{t_1}\right)_{max} = 100 \sqrt{\frac{20 \cdot k_3}{\sigma(2 - \psi + \sqrt{\psi^2 + 4\delta^2})}};$$

$$\left(\frac{b_1}{t_1}\right)_{max} =$$

$$= 100 \sqrt{\frac{20 \cdot 57{,}22}{211{,}9(2 - 1{,}88 + \sqrt{1{,}88^2 + 4 \cdot 0{,}2^2})}} =$$

$$= 163.$$

5. Verifică condiția:

5.

$$\left(\frac{b_1}{t_1}\right)_{ef} \leqslant \left(\frac{b_1}{t_1}\right)_{max};$$

$$\left(\frac{b_1}{t_1}\right)_{ef} = \frac{800}{8} = 100 < \left(\frac{b_1}{t_1}\right)_{max}.$$

B. *Dimensionarea treptei inferioare, varianta I* (v. schema 7.4)

1. Elemente cunoscute:
— **efortul** axial de calcul N;
— **momentul** încovoietor M_x.

1. Diagramele de eforturi sînt date în figura 7.5.

a. *Alegerea secțiunii*

2. Propune:
— **marca** oțelului folosit, R;
— **înălțimea** secțiunii b_1.

2.
— se propune OL 52, $R = 315 \ \text{N/mm}^2$;
— $b_1 = 1\,200$ mm;
— secțiunea se alcătuiește cu rigidizare longitudinală.

3. Stabilește grosimea inimii:

3.

$$t_1 \approx \frac{b_1}{150};$$

$$t_1 \approx \frac{1\,200}{150} = 8 \ \text{mm}.$$

4. Calculează coeficienții:

$$b=\frac{N}{R\cdot t_1\cdot b_1};$$

$$d=\frac{6{,}5\cdot M_x}{b_1\cdot N};$$

$$r=4-3\cdot b-b\cdot d;$$

$$s=1-b-b\cdot d.$$

5. Calculează coeficientul de distribuție al materialului secțiunii:

$$\beta=\frac{-r\pm\sqrt{r^2-12s}}{6}.$$

6. Propune:

$$t_2\geqslant t_1;$$

$$\beta_1=0{,}4\ldots 0{,}8.$$

7. Calculează:

$$b_2=\frac{\beta}{1+\beta_1}\cdot\frac{t_1\cdot b_1}{2\cdot t_2}.$$

8. Verifică condițiile:

$$\frac{b_2}{t_2}\leqslant 100;$$

$$\frac{b_2}{b_1}\leqslant 0{,}5.$$

9. Propune grosimea adaosurilor:

$$t_3\geqslant t_2.$$

10. Calculează

$$b_3=\frac{\beta\cdot t_1\cdot b_1-2\cdot t_2\cdot b_2}{4\cdot t_3},$$

11. Verifică condiția:

$$b_3\leqslant 30\ t_3.$$

12. Stabilește dimensiunile rigidizării longitudinale:

$$t_r\geqslant 0{,}75\ t_1;$$

$$b_r=2{,}1\cdot t_1\cdot\sqrt[3]{\frac{b_1}{t_r}}.$$

4.

$$b=\frac{1\,666\cdot 10^3}{315\cdot 8\cdot 1\,200}=0{,}551;$$

$$d=\frac{6{,}5\cdot 1\,750\cdot 10^6}{1\,200\cdot 1\,666\cdot 10^3}=5{,}905;$$

$$r=4-3\cdot 0{,}551-0{,}551\cdot 5{,}905=-0{,}907;$$

$$s=1-0{,}551-0{,}551\cdot 5{,}905=-2{,}805.$$

5.

$$\beta=\frac{0{,}907\pm\sqrt{0{,}907^2+12\cdot 2{,}805}}{6}=1{,}13.$$

6. Se propune:

$$t_2=8\text{ mm};$$

$$\beta_1=0{,}5.$$

7.

$$b_2=\frac{1{,}13}{1+0{,}5}\cdot\frac{8\cdot 1\,200}{2\cdot 8}=452;$$

rotund, $b_2=460$ mm.

8.

$$\frac{460}{8}=57{,}5<100;$$

$$\frac{460}{1\,200}=0{,}38<0{,}5.$$

9. Se propune:

$$t_3=t_2=8\text{ mm}.$$

10.

$$b_3=\frac{1{,}13\cdot 8\cdot 1\,200-2\cdot 8\cdot 460}{4\cdot 8}=109;$$

rotund, $b_3=110$ mm.

11.

$$110<30\cdot 8.$$

12.

$$t_r\geqslant 0{,}75\cdot 8=6;$$

se propune $t_r=8$ mm.

$$b_r=2{,}1\cdot 8\cdot\sqrt[3]{\frac{1\,200}{8}}=89{,}2;$$

se propune $b_r=90$ mm.

Secțiunea propusă este reprezentată în figura 7.7.

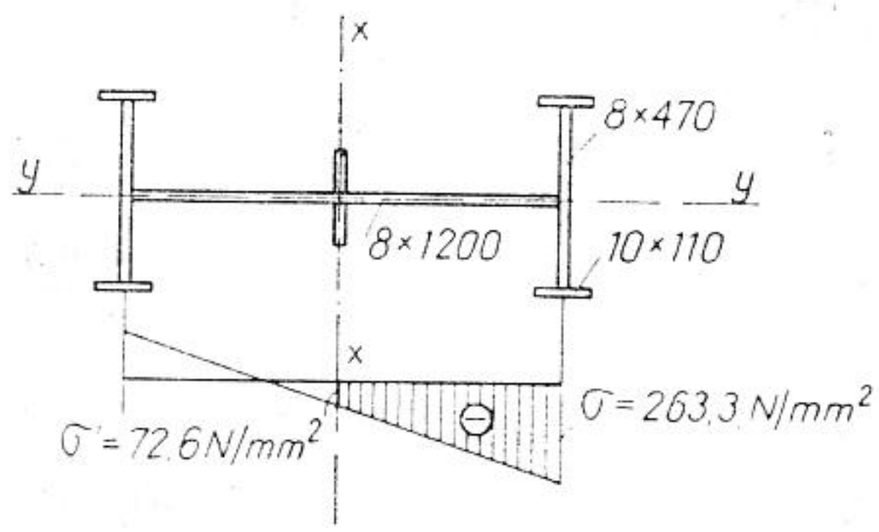


Fig. 7.7.

b. *Verificări de rezistență și stabilitate* (v. schema 7.1)

1. Elemente cunoscute.

2. Calculează caracteristicile secțiunii:

— aria secțiunii A;

— razele de inerție i_x, i_y;

— raza de inerție a tălpii comprimate i_{yr};

— modulul de rezistență W_x.

3. Calculează rapoartele:

$$\frac{l_2}{l_1};$$

$$\frac{P_1}{P_2}.$$

4. Stabilește coeficientul μ_1.

5. Calculează lungimile de flambaj:

$$l_{1fx}=\mu_1 \cdot l_1;$$

$$l_{1fy}=l_1.$$

6. Verifică condiția de rezistență:

$$\sigma_{max}=\frac{N}{A}+\frac{M_x}{W_x}\leqslant R.$$

7. Calculează coeficienții de zvelțețe:

$$\lambda_x=\frac{l_{1fx}}{i_x}\leqslant\lambda_a;$$

$$\lambda_y=\frac{l_{1fy}}{i_y}\leqslant\lambda_a;$$

$$\lambda_g=\frac{l_{1fy}}{i_{yr}}\leqslant\lambda_a.$$

1. Ca în enunțul problemei.

2.

— $A=229{,}6$ cm².

— $i_x=48{,}97$ cm; $i_y=13{,}13$ cm;

— $i_{yr}=18{,}13$ cm;

— $W_x=8\,405$ cm³.

3.

$$\frac{l_2}{l_1}=\frac{470}{1\,000}=0{,}47;$$

$$\frac{P_1}{P_2}=\frac{1\,346}{320}=4{,}21.$$

4. Deoarece $l_2/l_1<0{,}6$ și $P_1/P_2>3$, coeficientul rezultă din anexa 3, tabelul 3.21:

$$\mu_1=1{,}6.$$

5.

$$l_{1fx}=1{,}6\cdot 1\,000=1\,600 \text{ cm};$$

$$l_{1fy}=1\,000 \text{ cm}.$$

6.

$$\sigma_{max}=\frac{1\,666\cdot 10^3}{229{,}6\cdot 10^2}+\frac{1\,750\cdot 10^6}{8\,405\cdot 10^3}=$$

$$=280{,}8 \text{ N/mm}^2<R.$$

7.

$$\lambda_x=\frac{1\,600}{48{,}97}=32{,}3<120;$$

$$\lambda_y=\frac{1\,000}{13{,}13}=76{,}2;$$

$$\lambda_g=\frac{1\,000}{18{,}13}=55{,}2.$$

8. Stabilește coeficienții de flambaj:

$$\lambda_x \xrightarrow[\text{OL 52}]{\text{curba A}} \varphi_x;$$

$$\lambda_y \xrightarrow[\text{OL 52}]{\text{curba } A} \varphi_y;$$

$$\lambda_g \xrightarrow[\text{OL 52}]{\text{curba } B} \varphi_g.$$

8.

$$\varphi_x = 0{,}952;$$

$$\varphi_y = 0{,}619;$$

$$\varphi_g = 0{,}819.$$

9. Stabilește coeficientul minim de flambaj:

$$\varphi = min(\varphi_x;\ \varphi_y).$$

9.

$$\varphi = min(0{,}952;\ 0{,}619) = 0{,}619.$$

10. Verifică condiția:

$$\frac{N}{\varphi A} \leqslant 0{,}15\ R.$$

10.

$$\frac{N}{\varphi A} = \frac{1\,666 \cdot 10^3}{0{,}619 \cdot 229{,}6 \cdot 10^2} =$$

$$= 117{,}2\ \text{N/mm}^2 > 0{,}15\ R.$$

12. Stabilește coeficientul c_x.

12. Pentru:

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{1\,021}{1\,750} = 0{,}583,$$

din anexa 3, tabelul 3.26, rezultă $c_x = 0{,}797$.

13. Calculează:

$$\sigma = \frac{N}{A};$$

$$\sigma_{Ex} = \frac{\pi^2 E}{\lambda_x^2};$$

$$n_x = 1 - \frac{\sigma}{\sigma_{Ex}};$$

13.

$$\sigma = \frac{1\,666 \cdot 10^3}{229{,}6 \cdot 10^2} = 72{,}6\ \text{N/mm}^2;$$

$$\sigma_{Ex} = \frac{3{,}14^2 \cdot 2{,}1 \cdot 10^5}{32{,}3^2} = 1\,984\ \text{N/mm}^2;$$

$$n_x = 1 - \frac{72{,}6}{1\,984} = 0{,}963.$$

14. Verifică condiția de stabilitate:

$$\frac{N}{\varphi A} + \frac{c_x \cdot M_x}{\varphi_g \cdot n_x \cdot W_x} \leqslant R.$$

14.

$$\frac{1\,666 \cdot 10^3}{0{,}619 \cdot 229{,}6 \cdot 10^2} + \frac{0{,}797 \cdot 1\,750 \cdot 10^6}{0{,}819 \cdot 0{,}963 \cdot 8\,405 \cdot 10^3} =$$

$$= 313\ \text{N/mm}^2 < R.$$

c. *Verificări de stabilitate locală* (v. pct. 7.3.2)

1. Verifică elementele tălpii:

$$\left(\frac{b_3'}{t_3}\right) \leqslant k_1;$$

$$\left(\frac{b_2'}{t_2}\right)_{max} = 40\sqrt{\frac{210}{R}} + 0{,}4\lambda;$$

$$\left(\frac{b_2'}{t_2}\right)_{ef} \leqslant \left(\frac{b_2'}{t_2}\right)_{max}.$$

1. Din anexa 3, tabelul 3.31, în funcție de:

$$\lambda = max(\lambda_x;\ \lambda_y) = 75{,}5,$$

rezultă $k_1 = 14{,}5$;

$$\frac{b_3'}{t_3} = \frac{110-8}{2 \cdot 10} = 5{,}1 < 14{,}5;$$

$$\left(\frac{b_2'}{t_2}\right)_{max} = 40\sqrt{\frac{210}{315}} + 0{,}4 \cdot 75{,}5 = 62{,}9.$$

$$\left(\frac{b_2'}{t_2}\right)_{ef} = \frac{470-8}{2 \cdot 8} = 28{,}9 < 62{,}9.$$

2. Calculează tensiunile (fig. 7.7)

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{I_x} : \frac{h_0}{2};$$

$$\sigma' = \frac{N}{A}.$$

2.

$$\sigma = \frac{1\,666 \cdot 10^3}{229{,}6 \cdot 10^2} + \frac{1\,750 \cdot 10^6}{550\,504 \cdot 10^4} \cdot 600 = 263{,}3 \text{ N/mm}^2;$$

$$\sigma' = \frac{1\,666 \cdot 10^3}{229{,}6 \cdot 10^2} = 72{,}6 \text{ N/mm}^2.$$

4. Calculează termenul:

$$\psi = \frac{\sigma - \sigma'}{\sigma}.$$

4.

$$\psi = \frac{-263{,}3 - (-72{,}6)}{-263{,}3} = 0{,}724.$$

5. Calculează suplețea limită a inimii pentru $\psi = 1$:

$$\left(\frac{b_1}{2t_1}\right)_{max} = 100\sqrt{\frac{20k_3}{\sigma(2 - \psi + \sqrt{\psi^2 + 4\delta^2})}};$$

$$\delta = 0{,}07 \cdot k_3 \cdot \frac{\tau}{\sigma}.$$

5. Pentru $\psi = 1$, din tabelul 3.32, rezultă $k_3 = 22{,}2$

$$\left(\frac{b_1}{2t_1}\right)_{max} = 100\sqrt{\frac{20 \cdot 22{,}2}{263{,}3(2 - 1 + \sqrt{1^2 + 4 \cdot 0{,}082^2})}} = 91{,}5.$$

$$\delta = 0{,}07 \cdot 22{,}2 \cdot \frac{13{,}9}{263{,}3} = 0{,}082.$$

6. Calculează suplețea limită a inimii pentru $\psi = 0{,}5$.

$$\left(\frac{b_1}{2t_1}\right)_{max} = 40\sqrt{\frac{210}{R}} + 0{,}4 \ \lambda.$$

6.

$$\left(\frac{b_1}{2t_1}\right)_{max} = 40\sqrt{\frac{210}{315}} + 0{,}4 \cdot 75{,}5 = 91{,}9.$$

7. Stabilește suplețea limită a inimii, prin interpolare liniară între valorile de la punctele *5* și *6*, pentru $\psi = 0{,}724$.

7. Se obține:

$$\left(\frac{b_1}{2t_1}\right)_{max} = 75{,}8.$$

8. Verifică suplețea inimii:

$$\left(\frac{b_1}{2t_1}\right)_{ef} \leqslant \left(\frac{b_1}{2t_1}\right)_{max}.$$

8.

$$\left(\frac{b_1}{2t_1}\right)_{ef} = \frac{1\,200}{2 \cdot 8} = 75 < 75{,}8.$$

Varianta a II-a (v. schema 7.5)

1. Elemente cunoscute:
— efortul axial de calcul N;
— momentul încovoietor de calcul M_x;
— lungimea barei l_1.

1.
— diagramele de eforturi sînt date în figura 7.5;
— $l_1 = 1\,000$ cm.

a. Alegerea secțiunii

2. Propune:
— marca oțelului R;
— înălțimea secțiunii h.

2.
— se propune OL 52, $R = 315$ N/mm²;
— $h = 1\,200$ mm.

3. Calculează eforturile axiale la extremitățile ramurii:

$$N_0 = \frac{N_4}{2} + \frac{M_4}{h};$$

$$N_1 = \frac{N_5}{2} + \frac{M_5}{h}.$$

3.

$$N_0 = \frac{1\,666}{2} + \frac{1\,021}{1{,}2} = 1\,684 \text{ kN};$$

$$N_1 = \frac{1\,666}{2} + \frac{1\,750}{1{,}2} = 2\,290 \text{ kN}.$$

4. Calculează lungimea de flambaj a ramurii

$$l_{fyr} = l_1 \sqrt{\frac{1 + 0{,}88 N_0/N_1}{1{,}88}}.$$

4.

$$l_{fyr} = 1\,000 \sqrt{\frac{1 + 0{,}88 \cdot 1\,684/2\,290}{1{,}88}} =$$

$$= 936 \text{ cm}.$$

5. Propune suplețea inimii ramurii:

$$n = \frac{b_1}{t_1} \approx 40 \ldots 60.$$

5. Se propune,

$$n = 50.$$

6. Calculează coeficienții:

$$a = \sqrt{\frac{12}{n}};$$

$$c = l_{fy} \sqrt{\frac{R}{N_1}};$$

$$\xi = a \cdot c.$$

6.

$$a = \sqrt{\frac{12}{50}} = 0{,}49;$$

$$c = 9\,360 \sqrt{\frac{315}{2\,290 \cdot 10^3}} = 109{,}78;$$

$$\xi = 0{,}49 \cdot 109{,}78 = 53{,}79.$$

7. Stabilește coeficienții λ și φ din anexa 3, tabelele 3.39 ... 3.41, în funcție de marca oțelului, ξ, curba A.

7. Rezultă:

$$\lambda = 50;$$

$$\varphi = 0{,}874.$$

8. Calculează suplețea maximă admisă a inimii secțiunii:

$$n_{max} = 40 \sqrt{\frac{210}{R}} + 0{,}4 \ \lambda.$$

8.

$$n_{max} = 40 \sqrt{\frac{210}{315}} + 0{,}4 \cdot 50 = 52{,}66.$$

9. Verifică condiția:

$$n \leqslant n_{max}.$$

9.

$$50 < 52{,}66.$$

10. Calculează aria necesară a secțiunii ramurii:

$$A_{nec} = \frac{N_r}{\varphi \cdot R};$$

$$N_r = max \ (N_0;\ N_1).$$

10.

$$A_{nec} = \frac{2\,290 \cdot 10^3}{0{,}874 \cdot 315} = 83{,}18 \text{ cm}^2;$$

$$N_r = N_1 = 2\,290 \text{ kN}.$$

11. Propune o valoare uzuală pentru t_1.

11. Se propune $t_1 = 10$ mm.

12. Calculează:

$$b_1 = n \cdot t_1.$$

12.

$$b_1 = 50 \cdot 10 = 500 \text{ mm}.$$

13. Propune $t_2 \geqslant t_1$

13. Se propune $t_2 = 10$ mm.

14. Calculează:

$$b_2 = \frac{A_{nec} - t_1 \cdot b_1}{2 \cdot t_2},$$

14.

$$b_2 = \frac{83{,}18 \cdot 10^2 - 10 \cdot 500}{2 \cdot 10} = 165{,}9 \text{ mm}$$

rotund, $b_2 = 165$ mm.

15. Verifică condițiile:

$$b_2 \leqslant 30\ t_2;$$

$$\frac{b_2}{b_1} = 0{,}2 \ldots 0{,}5.$$

15.

$$165 < 30 \cdot 10;$$

$$\frac{b_2}{b_1} = \frac{165}{500} = 0{,}33.$$

Secțiunea rezultată este reprezentată în figura 7.8, *a*.

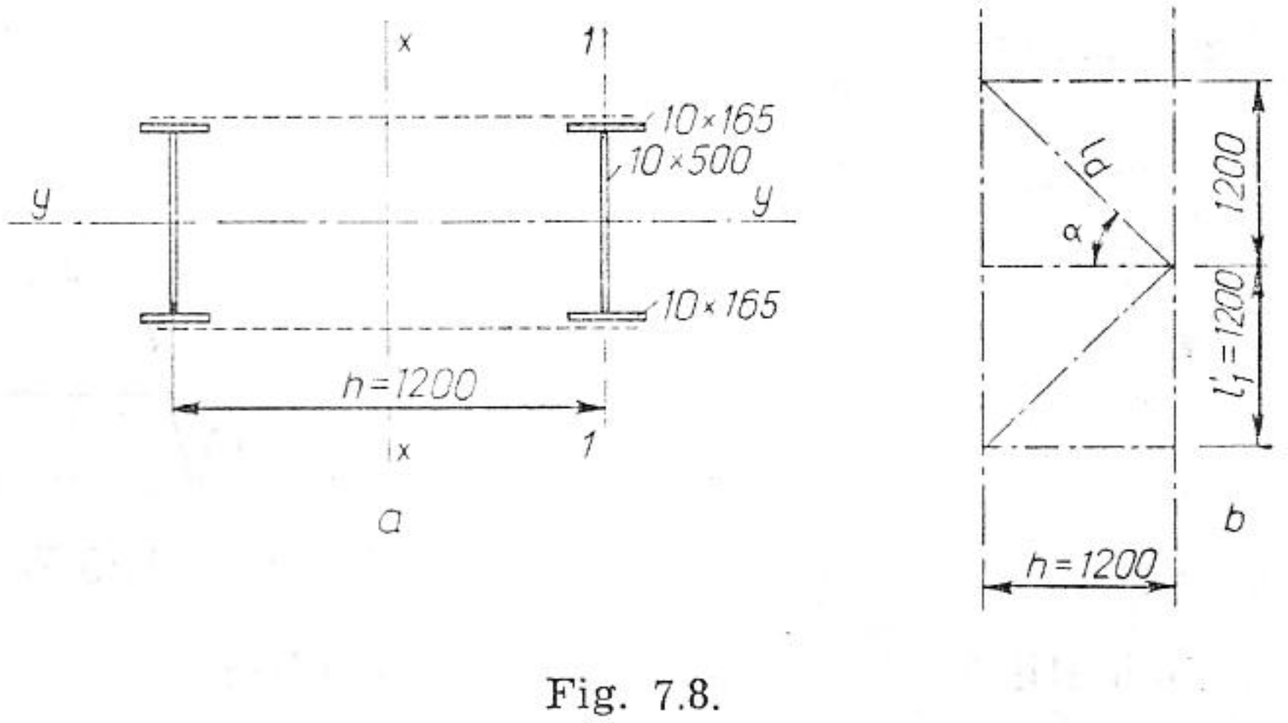


Fig. 7.8.

b. *Verificarea ramurii* (v. schema 7.2, pct. c)

1. Calculează caracteristicile geometrice ale ramurii:

1.

— aria secțiunii A_r; — $A = 83$ cm^2;

— raza de inerție i_{yr}, față de axa $y-y$. — $i_{yr} = 19{,}3$ cm.

2. Calculează coeficientul de zvelțe al ramurii:

2.

$$\lambda_{yr} = \frac{l_{fyr}}{i_{yr}} \leqslant \lambda_a.$$

$$\lambda_{yr} = \frac{936}{19{,}3} = 47{,}8 < 120.$$

3. Din anexa 3, tabelele 3.38 . . 3.41, stabilește coeficientul de flambaj:

3. Rezultă valoarea:

$$\lambda_{yr} \xrightarrow[\text{oțel OL 52}]{\text{curba } A} \varphi_r,$$

$$\varphi_r = 0{,}886.$$

4. Verifică stabilitatea ramurii în planul $y-y$:

4.

$$\frac{N_r}{\varphi_r \cdot A_r} \leqslant R.$$

$$\frac{2\,290 \cdot 10^3}{0{,}886 \cdot 83 \cdot 10^2} = 311 \text{ N/mm}^2 < R.$$

c. *Dimensionarea zăbrelelor* (v. schema 7.5, pct. c)

1. Calculează forța tăietoare:

$$T = T_{ef} + 0{,}012 \frac{N}{\varphi_x};$$

1. Se apreciază inițial,

$$\varphi_x = \varphi_r = 0{,}886, \text{ deci:}$$

$$T = 112 + 0{,}012 \cdot \frac{2\,290}{0{,}886} = 143 \text{ kN}.$$

2. Calculează raza de inerție i_1 a ramurii, în raport cu axa proprie *1—1* (fig. 7.8, *a*).

2.

$$i_1 = 3 \text{ cm}.$$

3. Calculează distanța maximă între nodurile sistemului de zăbrele:

$$l_1' \leqslant 0{,}85 \cdot l_{fyr} \cdot \frac{i_1}{i_{yr}};$$

3.

$$l_1' \leqslant 0{,}85 \cdot 936 \cdot \frac{3}{19{,}6} = 128{,}9 \text{ cm}.$$

4. Propune sistemul de zăbrele.

4. Se propune un sistem de zăbrele ca în figura 7.8, *b*.

5. Calculează:

$$l_d = \sqrt{l_1'^2 + h^2};$$

$$\cos \alpha = \frac{h}{l_d};$$

5.

$$l_d = \sqrt{120^2 + 120^2} = 169{,}7 \text{ cm};$$

$$\cos \alpha = \frac{120}{169{,}7} = 0{,}707.$$

6. Calculează efortul axial de compresiune în zăbreluță:

$$D = \frac{T}{2 \cos \alpha};$$

6.

$$D = \frac{143}{2 \cdot 0{,}707} = 101{,}1 \text{ kN}.$$

7. Propune cornierul zăbreluței și caracteristicile lui:

— marca oțelului;
— aria secțiunii A_1;
— raza de inerție minimă.

7. Se propune cornier $100 \times 100 \times 8$ cu caracteristicile:

— oțel OL 37, $R = 220$ N/mm^2;
— $A_1 = 15{,}5$ cm^2;
— $i_{min} = 1{,}96$ cm.

8. Calculează coeficientul de zvelțețe al zăbreluței:

$$\lambda = \frac{l_d}{i_{min}} \leqslant \lambda_a.$$

8.

$$\lambda = \frac{169{,}7}{1{,}96} = 115 < 150.$$

9. Stabilește coeficientul de flambaj din anexa 3, tabelele 3.39 . . . 3.41:

$$\lambda \xrightarrow[\text{OL 37}]{\text{curba } C} \varphi.$$

9.

$$\varphi = 0{,}419.$$

10. Verifică stabilitatea zăbreluței:

$$\frac{D}{\varphi \cdot A_1} \leqslant mR.$$

10.

$$\frac{101{,}1 \cdot 10^3}{0{,}419 \cdot 15{,}5 \cdot 10^2} = 155{,}7 \text{ N/mm}^2 < 0{,}75 \ R.$$

d. *Verificări de rezistență și stabilitate ale ansamblului* (v. schema 7.2)

1. Calculează caracteristicile geometrice ale secțiunii:
— aria secțiunii A;
— razele de inerție i_x, i_y;
— modulul de rezistență W_x.

1.
— $A=166$ cm^2;
— $i_x=60$ cm; $i_y=19{,}6$ cm;
— $W_x=8\,778$ cm^3.

2. Verifică condiția de rezistență:

$$\sigma_{max}=\frac{N}{A}+\frac{M_x}{W_x}\leqslant R.$$

2.

$$\sigma_{max}=\frac{1\,666\cdot 10^3}{166\cdot 10^2}+\frac{1\,750\cdot 10^6}{8\,778\cdot 10^3}=$$
$$=299{,}7\ \text{N/mm}^2<R.$$

3. Calculează coeficienții de zvelțețe:

$$\lambda_x=\frac{l_{1fx}}{i_x};$$

$$\lambda_{xtr}=\sqrt{\lambda_x+\pi^2\frac{A}{A_d}\cdot\frac{1}{\sin\alpha\cdot\cos^2\alpha}}\leqslant\lambda_a;$$

$$\lambda_y=\frac{l_{1fy}}{i_y}\leqslant\lambda_a;$$

$$\lambda_1=\frac{l_1'}{i_1};$$

3.

$$\lambda_x=\frac{1\,600}{60}=26{,}7$$

$$\lambda_{xtr}=\sqrt{26{,}7^2+3{,}14^2\frac{166}{2\cdot 15{,}5}\cdot\frac{1}{0{,}707^3}}=$$
$$=29{,}4<120;$$

$$\lambda_y=\frac{1\,000}{19{,}6}=51<\lambda_a;$$

$$\lambda_1=\frac{120}{3}=40.$$

4. Din anexa 3, tabelele 3.38 ... 3.41 stabilește coeficienții de flambaj:

$$\lambda_{xtr}\xrightarrow[\text{OL 52}]{\text{curba } B}\varphi_x;$$

$$\lambda_y\xrightarrow[\text{OL 52}]{\text{curba } A}\varphi_y;$$

$$\lambda_1\xrightarrow[\text{OL 52}]{\text{curba } B}\varphi_1.$$

4.

$$\varphi_x=0{,}941;$$

$$\varphi_y=0{,}867;$$

$$\varphi_1=0{,}888.$$

5. Verifică condiția:

$$\varphi_1\geqslant min(\varphi_x;\ \varphi_y).$$

5.

$$0{,}888>0{,}867.$$

6. Stabilește coeficientul c_x din anexa 3, tabelul 3.26.

6. Pentru,

$$\frac{M_2}{M_1}=\frac{1\,021}{1\,750}=+0{,}583,$$

rezultă $c_x=0{,}797$.

7. Calculează:

$$\sigma=\frac{N}{A};$$

$$\sigma_{Ex}=\frac{\pi^2E}{\lambda_x^2};$$

$$n_x=1-\frac{\sigma}{\sigma_{Ex}}.$$

7.

$$\sigma=\frac{1\,666\cdot 10^3}{166\cdot 10^2}=100{,}4\ \text{N/mm}^2;$$

$$\sigma_{Ex}=\frac{3{,}14^2\cdot 2{,}1\cdot 10^5}{29{,}4^2}=2\,395\ \text{N/mm}^2;$$

$$n_x=1-\frac{100{,}4}{2\,395}=0{,}958.$$

8. Verifică condiția de stabilitate:

$$\frac{N}{\varphi_x \cdot A} + \frac{c_x M_x}{n_x W_x} \leqslant R.$$

8.

$$\frac{1\,666 \cdot 10^3}{0{,}941 \cdot 166 \cdot 10^2} + \frac{0{,}797 \cdot 1\,750 \cdot 10^6}{0{,}958 \cdot 8\,778 \cdot 10^3} =$$

$$= 272 \text{ N/mm}^2 < R.$$

e. *Verificări de stabilitate locală* (v. pct. 7.3.2)

1. Verifică suplețea tălpii:

$$\frac{b_2'}{t_2} \leqslant k_1.$$

2. Din anexa 3, tabelul 3.31, **rezultă**

$k_1 = 12{,}9$ pentru $\lambda_{yr} = 47{,}8$;

$$\frac{b_2'}{t_2} = \frac{165-10}{2 \cdot 10} = 7{,}75 < 12{,}9.$$

2. Verifică suplețea inimii:

$$\left(\frac{b_1}{t_1}\right)_{max} = 40\sqrt{\frac{210}{R}} + 0{,}4\ \lambda;$$

$$\left(\frac{b_1}{t_1}\right)_{ef} \leqslant \left(\frac{b_1}{t_1}\right)_{max}:$$

3.

$$\left(\frac{b_1}{t_1}\right)_{max} = 40\sqrt{\frac{210}{315}} + 0{,}4 \cdot 47{,}8 = 51{,}8;$$

$$\left(\frac{b_1}{t_1}\right)_{ef} = \frac{500}{10} = 50 < 51{,}8.$$

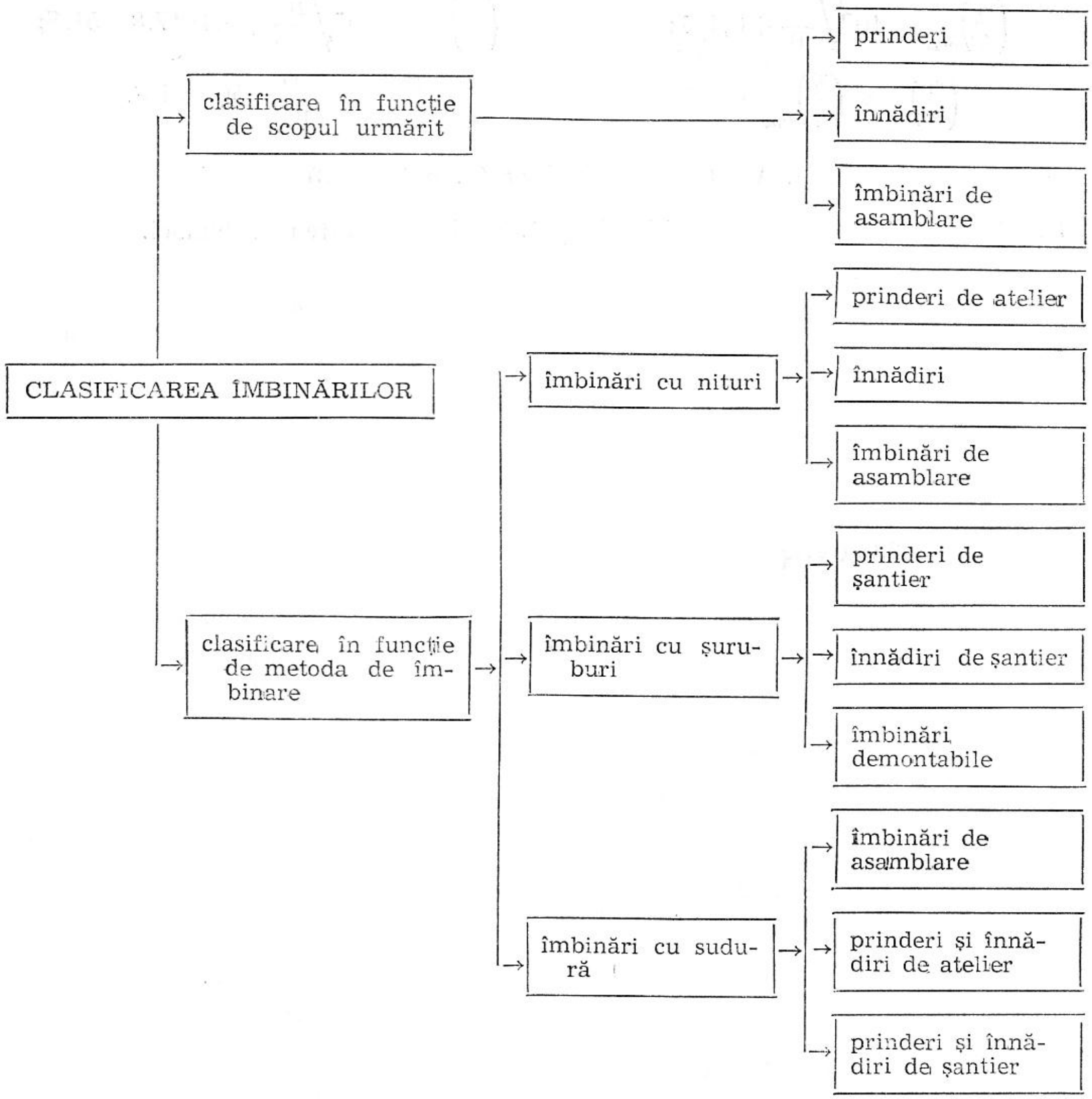
f. *Verificarea zăbrelelor* (v. pct. 7.3.3)

Rămîn valabile zăbrelele stabilite la pct. c din rezolvarea **problemei.**

CAPITOLUL 8

ÎMBINAREA ELEMENTELOR METALICE

8.1. CLASIFICAREA ÎMBINĂRILOR



Prinderile sînt îmbinări prin care se realizează fixarea unor piese de alte piese (prinderea diagonalelor de tălpi la grinzi cu zăbrele, prinderea consolelor de stîlpi etc.)

Înnădirile sînt îmbinări prin care se obțin piese cu lungime mai mare din piese cu lungime mai mică (înnădirea panelor continue, înnădirea grinzilor căilor de rulare etc.).

Îmbinările de asamblare sînt îmbinări prin care se realizează o piesă din mai multe profile laminate (îmbinarea tălpilor cu inima — la grinzile cu inimă plină etc.).

Îmbinările, în funcție de locul lor de execuție, se clasifică în îmbinări de șantier și îmbinări de uzină; asemenea îmbinări sînt impuse de lungimile maxime de transport, respectiv lungimile de livrare ale laminatelor.

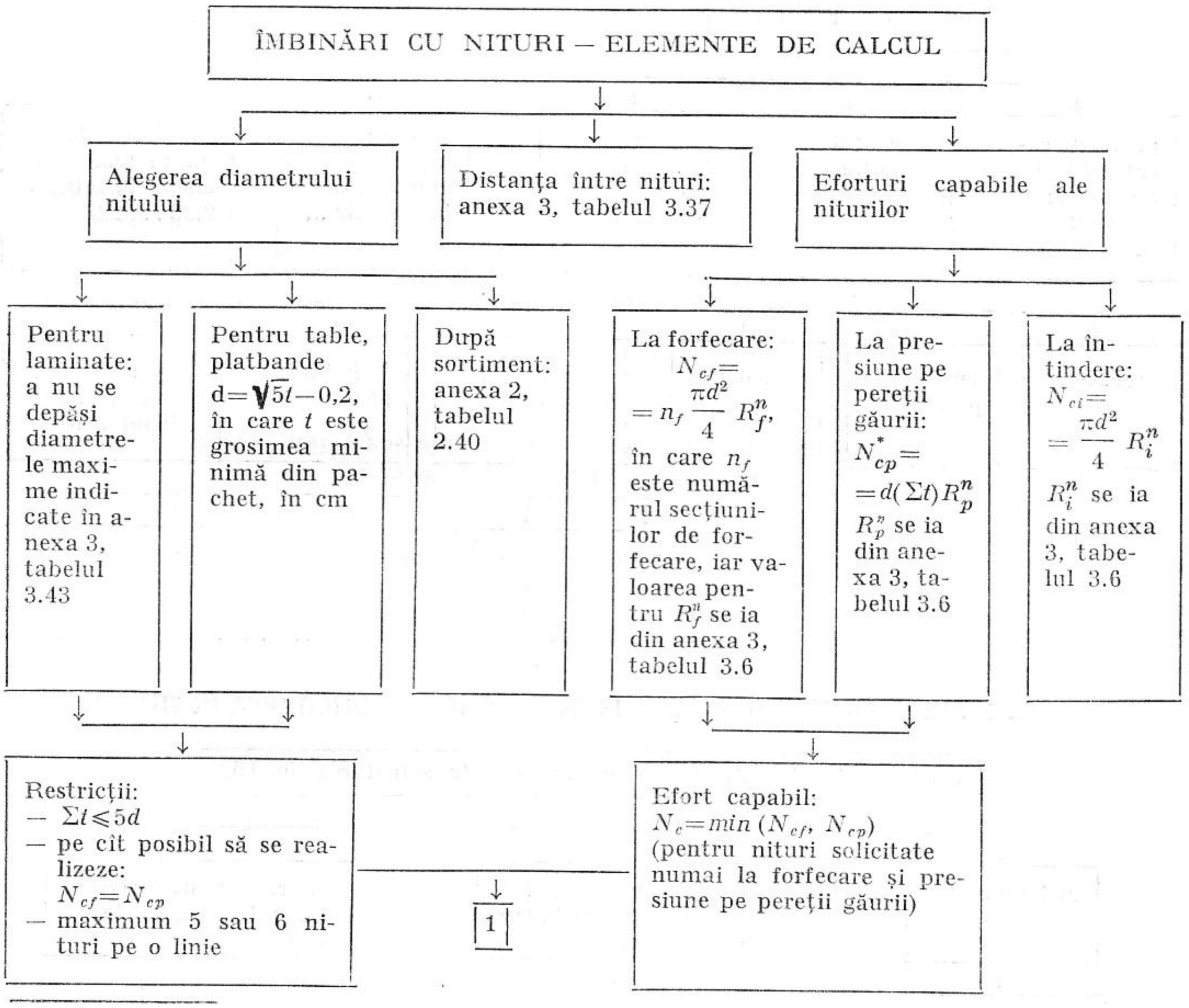
Stabilirea pozițiilor de realizare a îmbinărilor se face avînd în vedere următoarele principii:

— numărul îmbinărilor să fie minim;

— tronsoanele obținute, prin executarea îmbinărilor, să fie cît mai multe asemenea;

— îmbinările se vor plasa în zonele în care elementul de rezistență are solicitări mici.

8.2. ÎMBINĂRI CU NITURI – ELEMENTE DE CALCUL



* Σt=suma minimă a grosimilor care tind să se deplaseze în același sens.

1

lungimea tijei nitului:

$l = l_s + 4\frac{d_1}{3}$, pentru batere mecanică;

$l = l_s + 7\frac{d_1}{3}$, pentru batere manuală

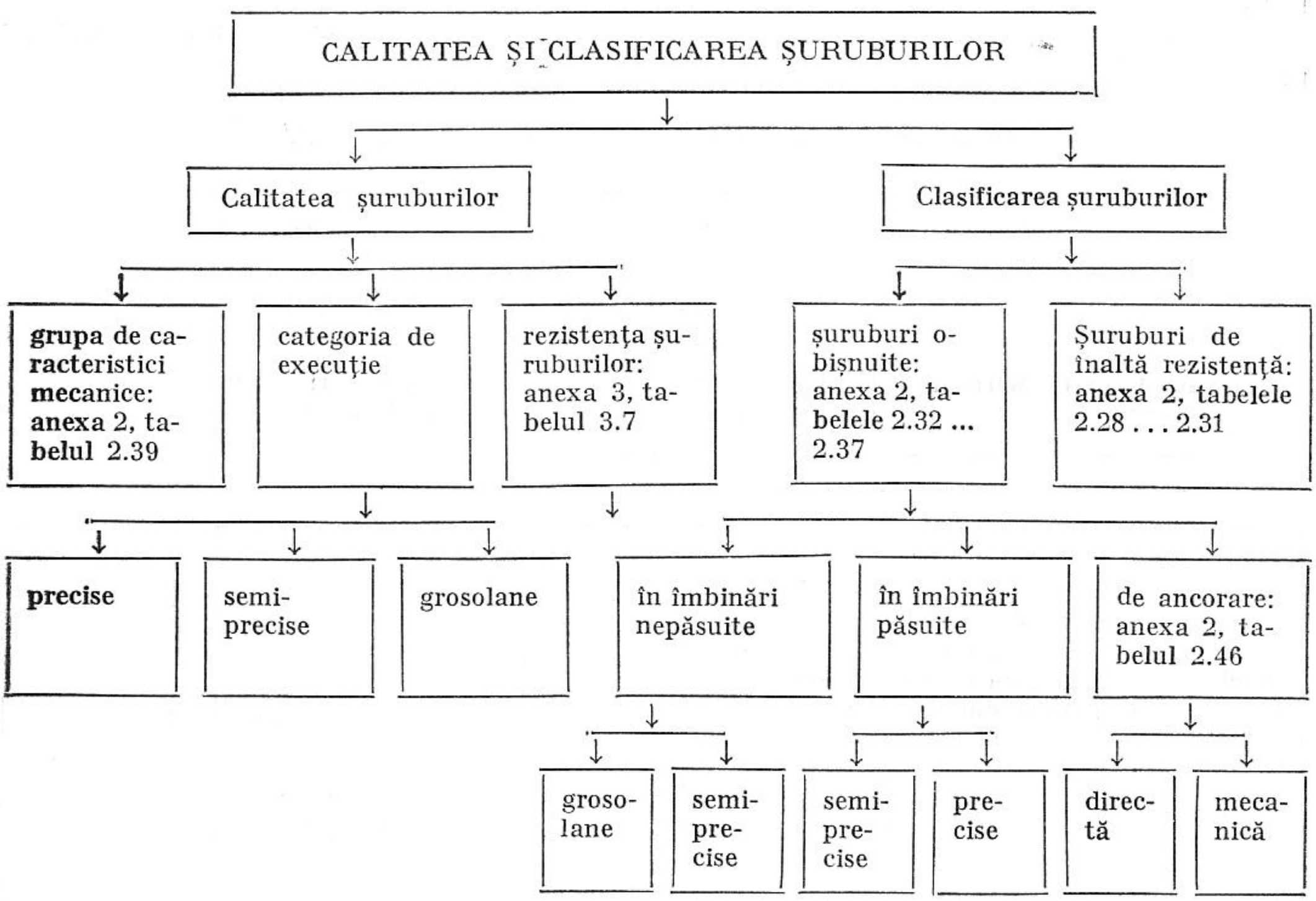
în care:

l_s este lungimea de strîns

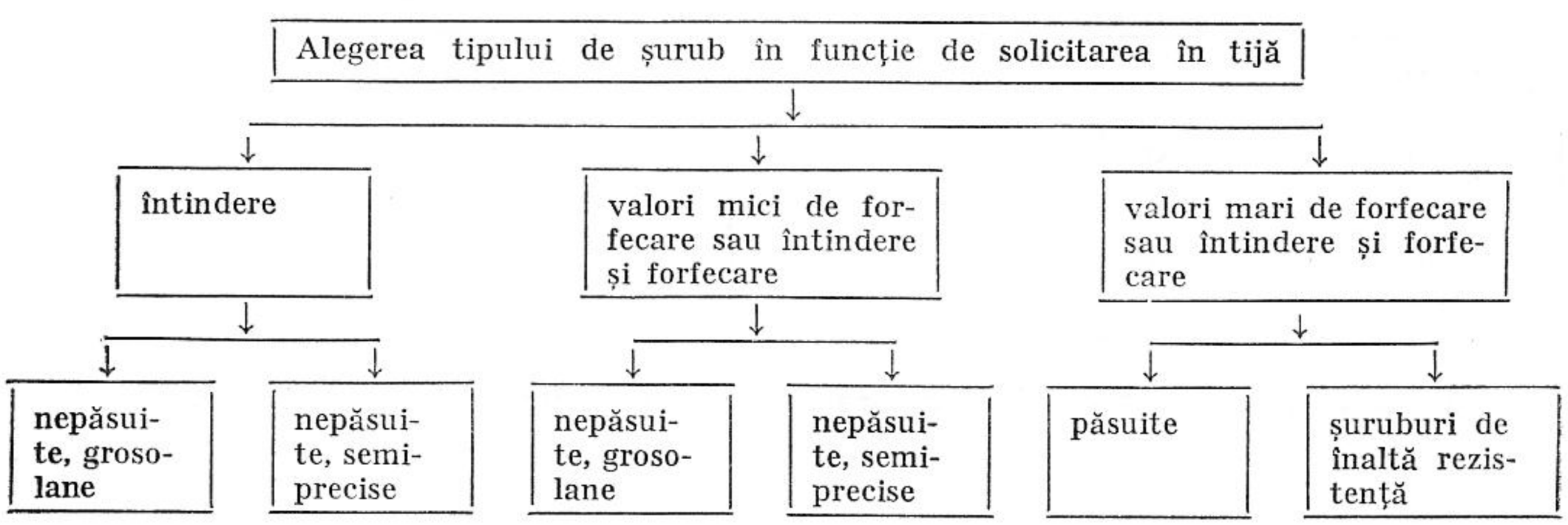
d_1 — diametrul nominal al nitului

8.3. ÎMBINĂRI CU ȘURUBURI

8.3.1. CALITATEA ȘI CLASIFICAREA ȘURUBURILOR



8.3.2. ALEGEREA TIPULUI DE ȘURUB ÎN FUNCȚIE DE SOLICITAREA ÎN TIJĂ



8.3.3. ÎMBINĂRI CU ȘURUBURI – ELEMENTE DE CALCUL

Îmbinări cu șuruburi — elemente de calcul

alegerea diametrului șurubului

- pentru laminate: a nu se depăși diametrele maxime indicate în anexa 3, tabelul 3.43
- pentru table, platbande $d=\sqrt{5t}-0{,}2$, în care t este grosimea minimă din pachet, în cm

distanța între șuruburi, anexa 3, tabelul 3.37

- după sortiment: anexa 2, tabelele 2.32 ... 2.37

eforturi capabile ale șuruburilor

- la forfecare: $N_{cf}=n_f\frac{\pi d^2}{4}R_f^b$ în care: n_f este numărul secțiunilor de forfecare; R_f^b se ia din anexa 3, tabelul 3.7
- la presiune pe pereții găurii: $N_{cp}^{*}=d(\Sigma t)R_p^b$ R_p^b se ia din anexa 3, tabelul 3.7
- la întindere $N_{ci}=A_s\cdot R_i^b$ în care: A_s se ia din anexa 3, tabelul 3.33; R_i^b — anexa 3, tabelul 3.7

Restricții:
- maximum 5—6 șuruburi pe o linie;
- pe cît posibil să se realizeze: $N_{cf}=N_{cp}$

Efort capabil:

$N_c=min\,(N_{cf},\ N_{cp})$

pentru șuruburi solicitate numai la forfecare și presiune pe gaură

8.3.4. DIMENSIONAREA UNEI ÎMBINĂRI CU ȘURUBURI (NITURI) SUPUSĂ LA SOLICITĂRI ÎN PLANUL EI

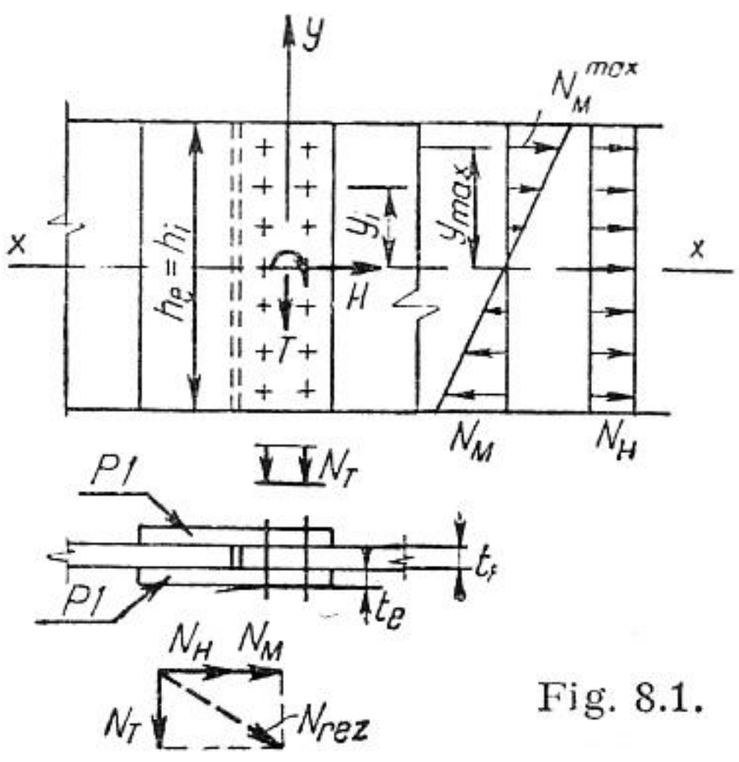


Fig. 8.1.

Dimensionarea unei îmbinări cu șuruburi (nituri) supusă la solicitări în planul ei, M, N, T (fig. 8.1)

1. Stabilește secțiunea ecliselor P_1 $(t_e\cdot h_e)$
   - 1.1. propune grosimea eclisei t_e, îndeplinind condițiile:
     - $t_e\geqslant(6\ldots8$ mm)
     - $t_e\geqslant\frac{t_i}{2}$
     - după sortiment

   → [2]
2. Stabilește tipul și calitatea șurubului (nitului)
3. Stabilește diametrul șurubului(nitului)

→ [1]

* Σt=suma minimă a grosimilor care tind să se deplaseze în același sens.

|1|

4. Propune numărul de șuruburi și amplasarea lor

↓

5. Stabilește centrul de greutate al îmbinării

↓

6. Stabilește solicitările în centrul de greutate al îmbinării: M, N, T

↓

7. Stabilește efortul capabil al șurubului:
   — la forfecare : N_{cf}
   — la presiune pe pereții găurii N_{cp} (v. 8.3.3)

↓

4.1. Propune numărul de coloane verticale pe o jumătate a îmbinării, $m \geqslant 2$

↓

4.2. propune distanțele pe verticală, între șuruburi, în limitele admise (anexa 3, tabelul 3.37)

↓

4.3. propune distanțele pe orizontală între șuruburi, pe cît posibil cele minime (anexa 3, tabelul 3.37)

|2|

1.2. propune înălțimea eclisei, astfel încît ea să acopere, cît mai mult posibil, din înălțimea pieselor de îmbinat

↓

1.3. calculează caracteristicile secțiunii ecliselor:

$$A_e = 2t_e h_e \geqslant A_i$$

$$W_e = 2\,\frac{t_e h_e^2}{6} \geqslant W_i$$

.

↓

1.4. dacă nu sînt îndeplinite condițiile 1.3 modifică dimensiunile ecliselor, respectînd condițiile 1.1 și 1.2

↓

8. Calculează solicitarea în șurubul cel mai solicitat:

$$N_H = \frac{H}{n}$$

$$N_T = \frac{T}{n}$$

$$N_M^{max} = \frac{M \cdot y_{max}}{\Sigma(x_i^2 + y_i^2)}$$

$$N_{rez}^{max} = \sqrt{(N_T)^2 + (N_H + N_M)^2}$$

în care n este numărul de șuruburi pe o jumătate a îmbinării

↓

9. Verifică condiția $N_{rez}^{max} \leqslant min(N_{cf}, N_{cp})$

↓

10. Dacă nu este îndeplinită la limită condiția (9) modifică distanțele (pe verticală) între șuruburi, eventual diametrul șurubului și refă calculul începînd cu punctul 4.

↓

11. Stabilește lungimea șurubului (nitului)

8.3.5. DIMENSIONAREA UNEI ÎMBINĂRI CU ȘURUBURI (NITURI) SUPUSĂ LA SOLICITĂRI ÎN PLAN PERPENDICULAR PE PLANUL EI

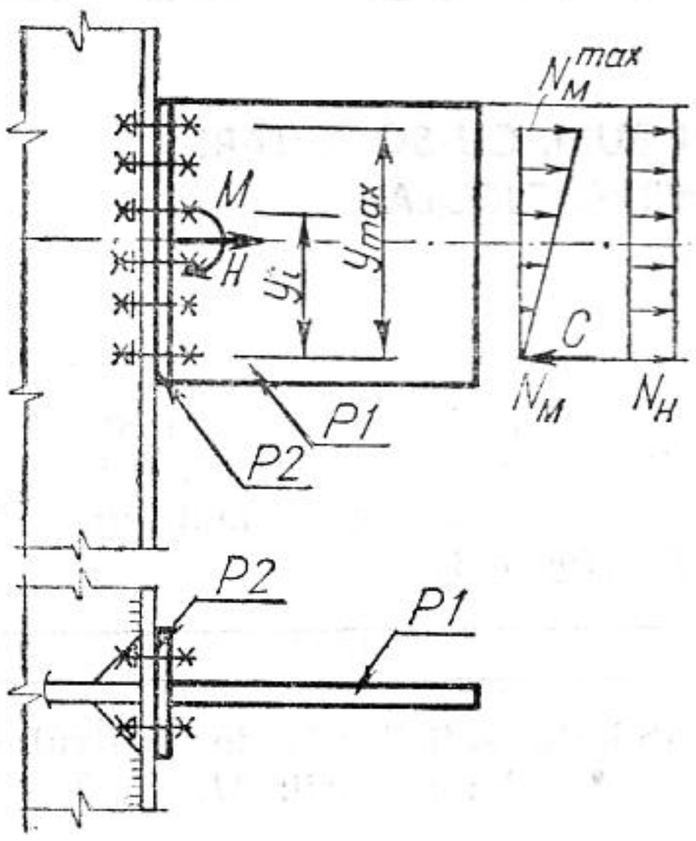


Fig. 8.2.

Dimensionarea unei îmbinări cu șuruburi (nituri) supusă la solicitări în plan perpendicular pe planul ei (fig. 8.2)

↓

1. Stabilește dimensiunile pieselor P_1 și P_2 astfel încît să poată fi preluate solicitările date și să se poată așeza șuruburile (niturile)

↓

2. Stabilește tipul și calitatea șurubului (nitului)

↓

3. Stabilește diametrul șurubului (nitului)

↓

4. Propune numărul de șuruburi (v. 8.3.4) și așezarea lor (anexa 3, tabelul 3.37)

↓

5. Stabilește efortul capabil la întindere al șurubului:

N_{ci} (v. 8.3.3)

↓

6. Stabilește solicitările în centrul de greutate al îmbinării (M, H)

↓

7. Stabilește solicitarea în șurubul cel mai solicitat*:

$$N_H = \frac{H}{n};$$

în care n este numărul total de șuruburi (nituri)

$$N_M^{max} = M \cdot \frac{y_{max}}{\Sigma y_i^2}$$

$$N_{rez} = N_H + N_M^{max}$$

Σy_i^2 se referă la toate șuruburile din îmbinare

↓

| 1 |

* se face ipoteza că rotirea consolei se produce în jurul ultimului șurub.

|1|

↓

8. Verifică îndeplinirea condiției:

$$N_{rez} \leqslant N_{ci}$$

↓

9. Dacă nu este îndeplinită la limită condiția *8*, modifică numărul de șuruburi, eventual dimensiunile pieselor P_1, P_2 și diametrul șurubului (nitului)

↓

10. Stabilește lungimea șurubului (nitului)

8.3.6. VERIFICAREA UNEI ÎMBINĂRI CU ȘURUBURI, CU SOLICITĂRI ÎN PLANUL ÎMBINĂRII ȘI ÎN PLAN PERPENDICULAR PE PLANUL ÎMBINĂRII

Verificarea unei îmbinări cu șuruburi, cu solicitări în planul îmbinării (T) și în plan perpendicular pe planul îmbinării (M, H) (fig. 8.3)

↓

1. Stabilește solicitările în centrul de greutate al îmbinării: M, H, T

↓

2. Stabilește solicitările în șurubul cel mai solicitat:

$$N_H = \frac{H}{n}$$

$$N_M^{max} = M \frac{y_{max}}{\Sigma y_i^2}$$

$$N_T = \frac{T}{n}$$

în care n este numărul total de șuruburi, iar Σy_i^2 se referă la toate șuruburile de îmbinare

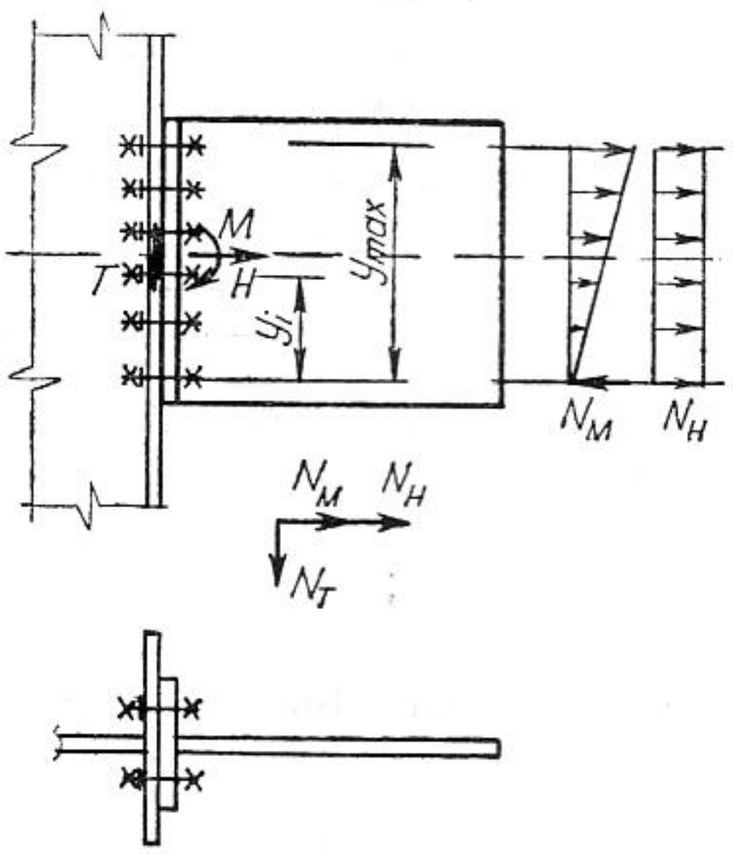


Fig. 8.3.

↓

3. Stabilește efortul capabil al șurubului (v. 8.3.3)
   — la forfecare: N_{cf}
   — la presiunea pe pereții găurii: N_{cp}
   — la întindere: N_{ci}

↓

|1|

| 1 |

↓

4. Verifică îndeplinirea condițiilor:

$$N_H + N_M^{max} \leqslant N_{ct}$$

$$N_T \leqslant min\ (N_{cf},\ N_{cp})$$

↓

5. Verifică efortul unitar echivalent în secțiunea șurubului solicitată concomitent la forfecare și întindere:

$$\sigma_{ech} = \sqrt{\sigma^2_{(M,\ H)} + 3\tau^2} \leqslant 1{,}1 R_i^b$$

unde:

$$\sigma_{(M,\ H)} = \frac{N_H + N_M}{A_{br}}$$

$$\tau = \frac{T}{A_{br}}$$

în care A_{br} este aria brută a secțiunii șurubului, iar R_i^b se ia din anexa 3, tabelul 3.7

8.4. ÎMBINĂRI CU ȘURUBURI DE ÎNALTĂ REZISTENȚĂ PRETENSIONATE

Elemente pentru calculul îmbinărilor cu șuruburi de înaltă rezistență (fig. 8.4)

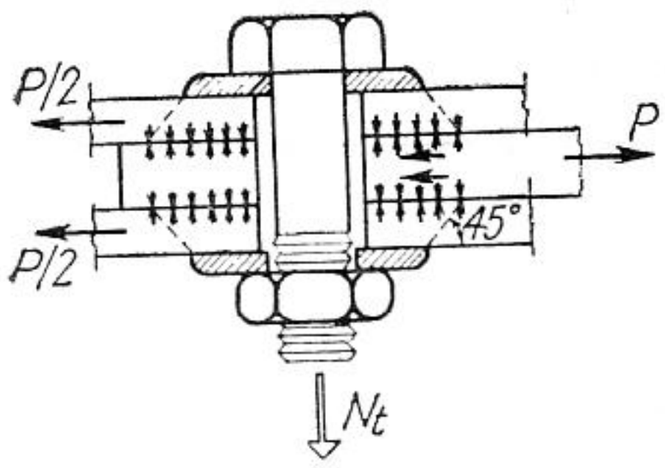


Fig. 8.4.

↓

1. Alegerea șurubului:
   — diametre: ca în anexa 2, tabelul 2.28
   — oțelul folosit: 41 MoC 11 (anexa 3, tabelul 3.4)

↓

2. Efortul de preîntindere în tijă:

$$N_t = 0{,}8 \cdot A_s \cdot R_c,$$

în care A_s este aria secțiunii de rezistență a filetului (anexa 3, tabelul 3.33) iar R_c — limita de curgere minimă a materialului (anexa 3, tabelul 3.4)

↓

3. Efortul capabil al unui șurub, pentru o suprafață de lunecare;

$$N_s = 0{,}9 \cdot f \cdot N_t$$

în care f este coeficientul de frecare între piese*

↓

| 1 |

* f se ia egal cu 0,40 la piese din oțel OL 37 și 0,50 la piese din oțel OL 44 și OL 52 cînd piesele sînt curățate corespunzător pr n sablare); în cazul cînd curățarea se face cu peria de sîrmă, coeficientul f se reduce la 0,35.

1

4. Efortul capabil al unui șurub

$$N_{cap} = n_s \cdot N_s$$

în care n_s este numărul suprafețelor de lunecare

5. Verificarea efortului N_{cap}:

$$N_{max} \leqslant N_{cap}$$

6. Verificarea șurubului la presiunea pe gaură (o situație excepțională):

$$N_{max} \leqslant d(\Sigma t)^* R_p^b$$

în care R_p^b este rezistența de calcul la presiune pe pereții găurii (anexa 3, tabelul 3.8)

7. Distanța între șuruburi (anexa 3, tabelul 3.37)

8. Lungimea l a șurubului (anexa 2, tabelul 2.31)

9. Diametrul găurii șurubului

$$d_{gaură} = d + 1 \text{ mm},$$

în care d este diametrul tijei șurubului

8.5. ÎMBINĂRI CU SUDURĂ

8.5.1. TIPURI DE ÎMBINĂRI CU SUDURĂ

TIPURI DE ÎMBINĂRI CU SUDURĂ

- Îmbinări cap la cap (fig. 8.5, *a*)
- Îmbinări cu piese petrecute (fig. 8.5 *b*),
- Îmbinări în *T* (fig. 8.5, *c*, *d*)
- Îmbinări în colț (fig. 8.5, *e*)

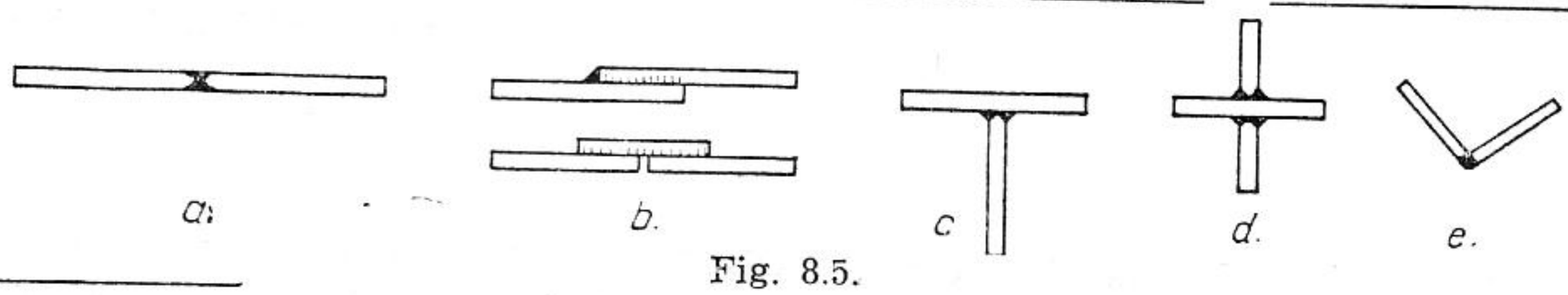


Fig. 8.5.

* Σt — suma minimă a grosimilor care tind să se deplaseze în același sens.

8.5.2. TIPURI DE CORDOANE DE SUDURĂ

- Tipuri de cordoane de sudură
  - Cordoane de sudură în relief
    - fără prelucrarea rostului (fig. 8.6, *a*)
    - cu prelucrarea rostului (fig. 8.6, *b*, *c*, *d*)
      - în V
      - în X
      - în U
  - Cordoane de sudură în adîncime
  - Cordoane de sudură în k

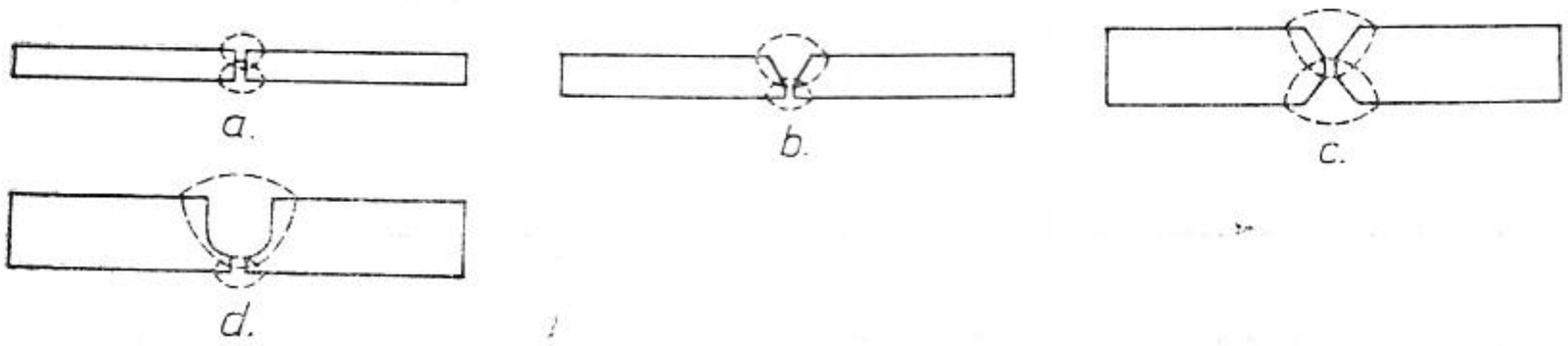


Fig. 8.6.

8.5.3. REZISTENȚE DE CALCUL ALE CORDOANELOR DE SUDURĂ

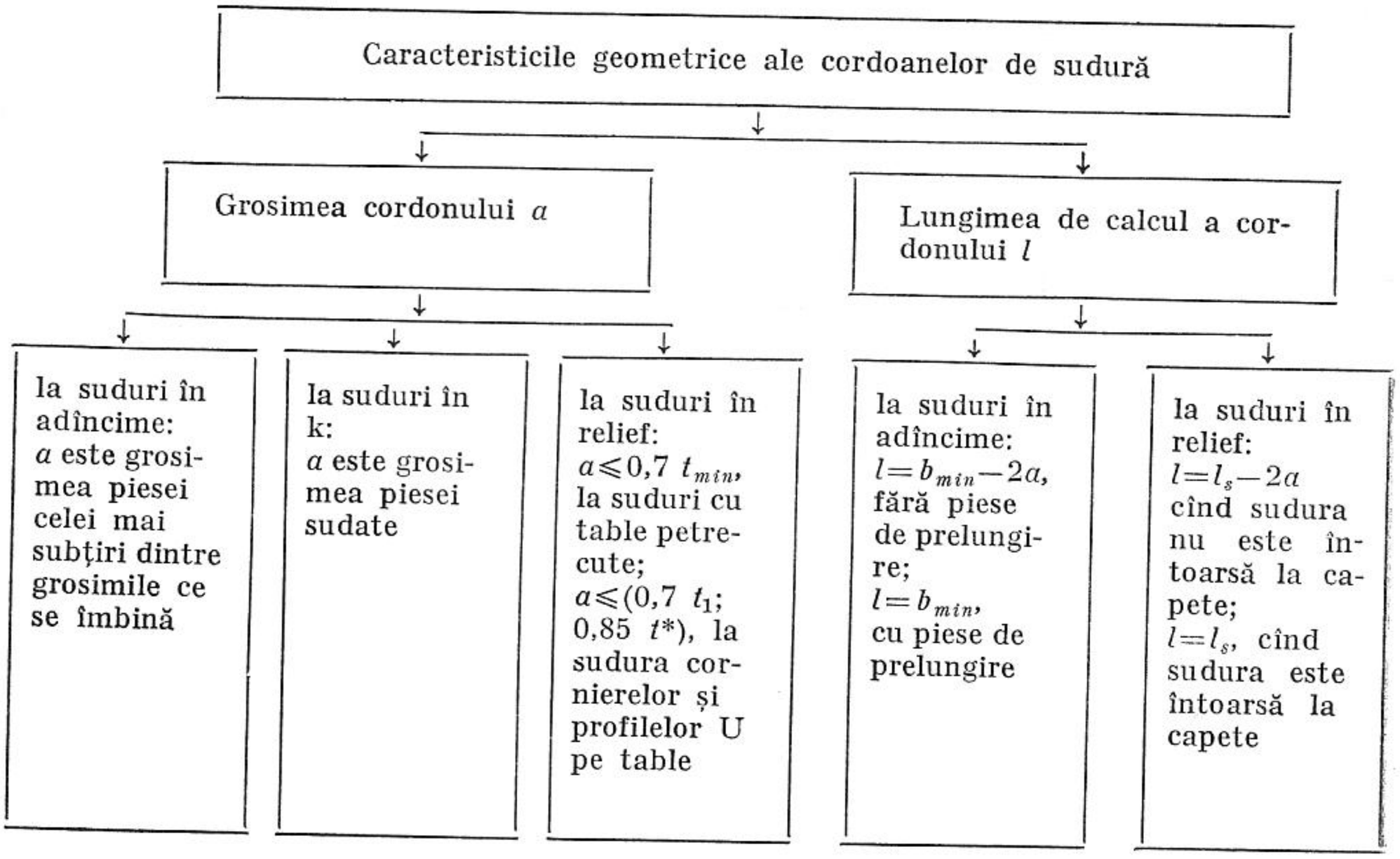
- Rezistențe de calcul ale cordoanelor de sudură
  - Cordoane de sudură în adîncime*
    - compresiune $R_c^s = R$
    - întindere
    - forfecare $R_f^s = 0{,}6R$
      - suduri executate automat; suduri executate semiautomat și manual, controlate prin mijloace fizice $R_i^s = R$
      - suduri executate semiautomat sau manual $R_i^s = 0{,}8R$
  - Cordoane de sudură în relief $R_f^s = 0{,}7 \cdot R$**

---

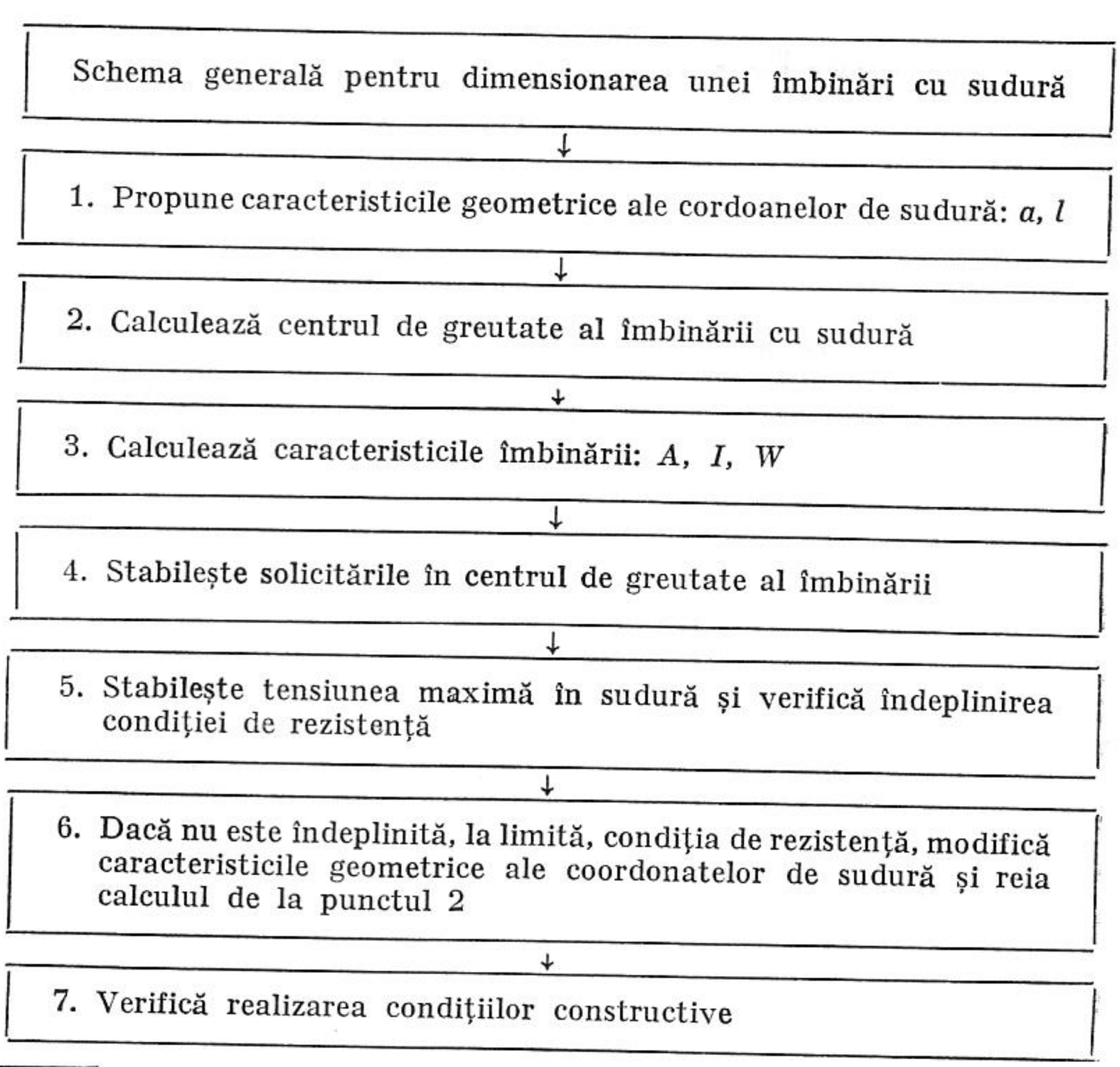
* Pentru cordoanele de sudură în adîncime care nu au rădăcina resudată, rezistențele se reduc prin înmulțire cu coeficientul 0,7.

** R — rezistența de calcul a materialului pieselor care se sudează. Valoric, rezistențele de calcul ale cordoanelor de sudură se dau în anexa 3, tabelul 3.39.

8.5.4. CARACTERISTICI GEOMETRICE ALE CORDOANELOR DE SUDURĂ



8.5.5. SCHEMA GENERALĂ PENTRU DIMENSIONAREA UNEI ÎMBINĂRI CU SUDURĂ



* t_1 reprezintă grosimea tablei; t — grosimea profilului laminat.

8.5.6. STABILIREA CLASELOR DE CALITATE A SUDURILOR CERUTĂ LA PROIECTARE

În conformitate cu C 150-72, stabilirea clasei de calitate a sudurilor la proiectare se face în funcție de anumiți parametri, ca în schema din figura 8.7.

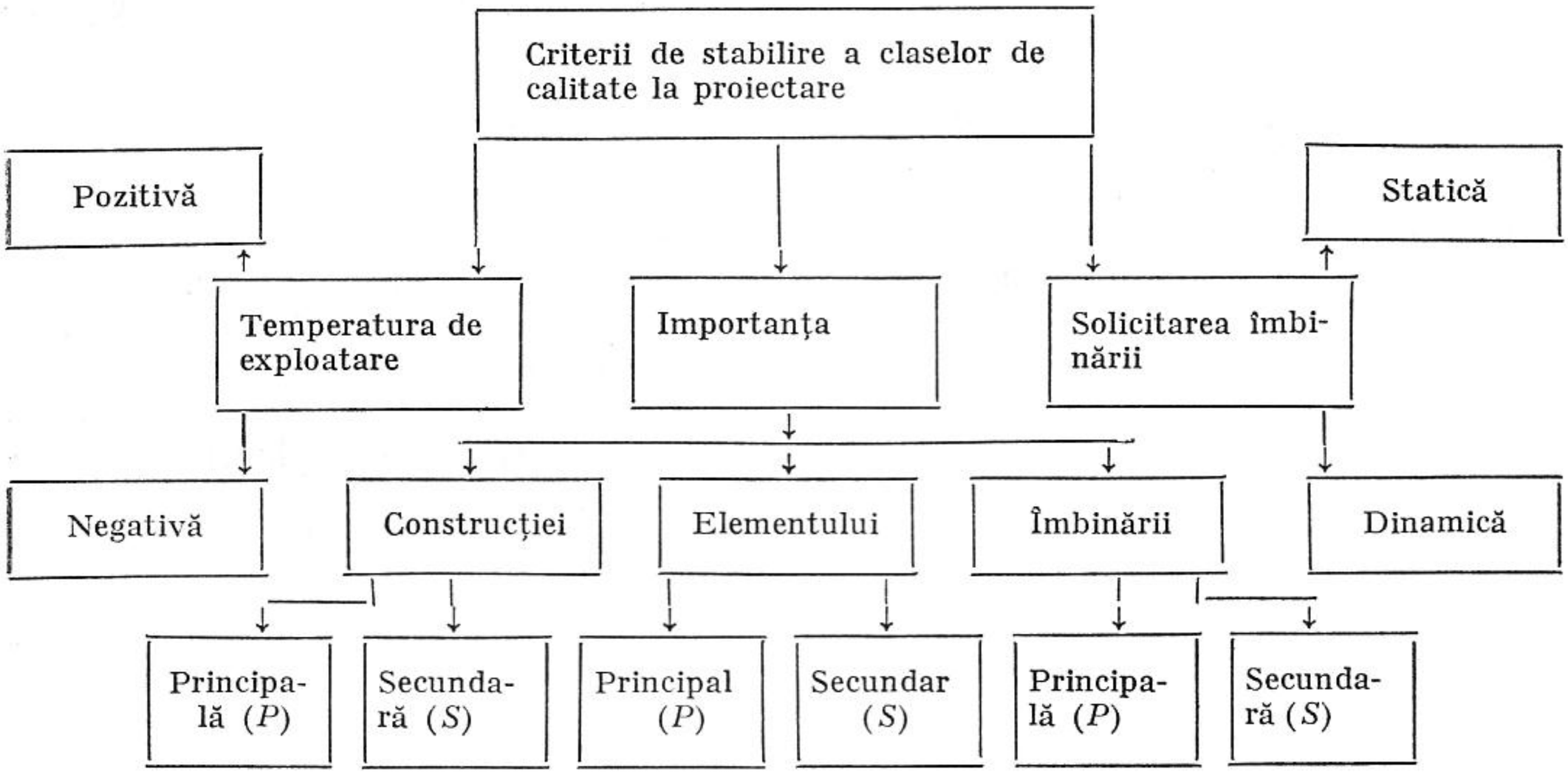


Fig. 8.7.

În funcție de importanța construcției, elementului și îmbinării, se stabilește categoria de importanță a cusăturii sudate astfel:

Categoria *A*: *PPP*;
Categoria *B*: *PPS*, *PSP*, *SPP*;
Categoria *C*: restul.

Notarea prevăzută pentru cele trei categorii de importanță aduce în categoria *A* cazurile în care atît construcția, cît și elementul și îmbinarea sînt de importanță principală, respectiv *PPP*.

Clasa de calitate ce trebuie indicată în proiect și realizată la execuție se stabilește cu ajutorul anexei 5, în funcție de criteriile amintite mai sus. În anexă sînt indicate procentual și lungimile de cordoane ce trebuie radiografiate.

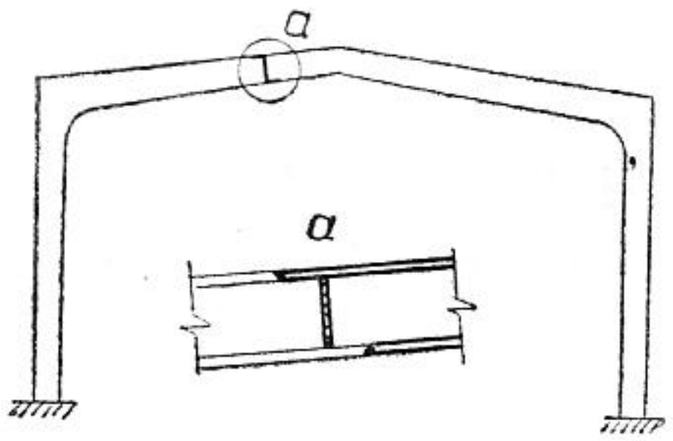


Fig. 8.8.

Exemplu de încadrare în clasa de calitate a unei îmbinări sudate. Se cere încadrarea la proiectare a unei suduri în adîncime a tălpii întinse a riglei unui cadru metalic făcînd parte din structura unei hale pentru atelier de construcții metalice (fig. 8.8).

Rezolvare

1. Examinează anexa 5 și încadrează construcția în categoria de importanță.

1. Atelierul de construcții metalice se încadrează conform punctului 1.1.1.6 din anexă în categoria secundară. Deci, *S*.

2. Examinează anexa 5 și încadrează elementul în categoria de importanță.

2. Conform punctului 1.2.2.1 rigla cadrului reprezintă un element principal de rezistență. Deci, *P*.

3. Stabilește categoria de importanță a îmbinării sudate.

3. Îmbinarea sudată condiționează rezistența riglei cadrului și deci și a construcției. Deci, îmbinarea este principală, *P*.

4. Stabilește categoria de importanță a cusăturii sudate.

4. *S P P*.

5. Stabilește, conform anexei 5, tabelul 5.1, clasa de calitate a sudurii.

5.
Tipul solicitării — static.
Categoria de importanță — *B*.
Natura solicitării — tracțiune.
Mărimea efortului unitar — 0,7 *R*.
Temperatura de exploatare — pozitivă.
Rezultă clasa de calitate: clasa III.

6. Întocmește schița sudurii și cotează sudura.

6. Se întocmește schița din figura 8.9

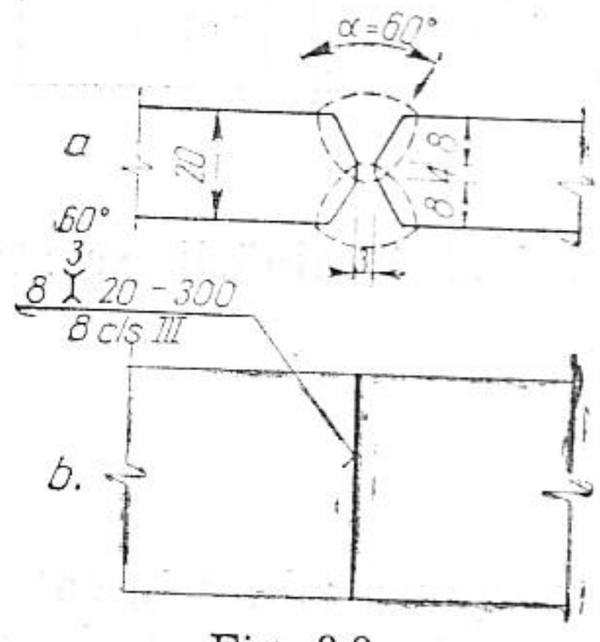


Fig. 8.9.

8.6. APLICAȚII

APLICAȚIA 8.1. Să se dimensioneze prinderea cu nituri din figura 8.10 la efortul capabil de întindere al barei; bara și guseul sînt alcătuite din OL 37.

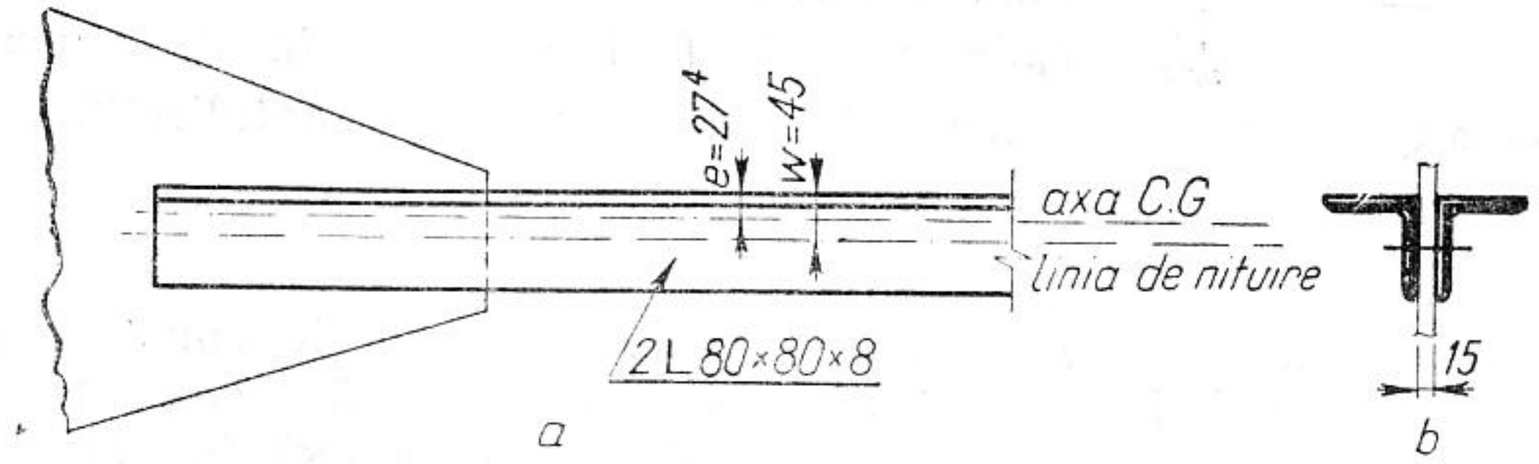


Fig. 8.10.

Rezolvare

a. *Alegerea nitului și a poziției liniei de nituire*

1. Folosind anexa 2, tabelul 2.43, propune un nit cu $d \leqslant d_{max}$.

1. $d_{max}=23$ mm; se propune un nit din OL 34 cu diametrul de calcul,

$$d=d_{max}=23 \text{ mm}.$$

b. *Calculul efortului capabil al barei*

1. Calculează aria netă a secțiunii barei:

$$A_n=A_{br}-2\cdot d\cdot t,$$

în care t este grosimea cornierului.

1.

$$A_n=2\cdot 12{,}30-2\cdot 2{,}3\cdot 0{,}8=20{,}80 \text{ cm}^2.$$

2. Calculează efortul capabil al barei:

$$N_{cb}=A_n\cdot R.$$

2.

$$N_{cb}=20{,}80\cdot 10^2\cdot 220=$$
$$=457{,}6\cdot 10^3 \text{ N}=457{,}6 \text{ kN}.$$

c. *Calculul efortului capabil al nitului propus*

1. Efortul capabil la forfecare:

$$N_{cf}=n_f\frac{\pi d^2}{4}\cdot R_f^n$$

în care:

n_f este numărul secțiunilor de forfecare;

R_f^n — rezistența de calcul la forfecare a nitului (anexa 3, tabelul 3.6).

1.

$$N_{cf}=2\frac{3{,}14\cdot 2{,}3^2}{4}\cdot 10^2\cdot 170=$$
$$=141{,}2\cdot 10^3 \text{ N}=141{,}2 \text{ kN}.$$

2. Efortul capabil la presiune pe pereții găurii

$$N_{cp}=d(\Sigma t)\cdot R_p^n,$$

în care:

Σt este suma minimă a grosimilor care tind să se deplaseze în același sens;

R_p^n — rezistența de calcul la presiune pe gaură a nitului (anexa 3, tabelul 3.6).

2.

$$N_{cp}=2{,}3\cdot 1{,}5\cdot 10^2\cdot 420=$$
$$=144{,}9\cdot 10^3\text{N}=144{,}9 \text{ kN}.$$

3. Stabilește efortul capabil al nitului:

$$N_c=min(N_{cf};\ N_{cp})$$

3.

$$N_c=min(141{,}2;\ \ 144{,}9)=$$
$$=141{,}2 \text{ kN}.$$

d. Numărul de nituri necesare:

$$n=\frac{N_{cb}}{N_c}.$$

d.

$$n=\frac{457{,}6}{141{,}2}=3{,}24;\ \ n=4.$$

e. *Așezarea niturilor*

1. Folosind anexa 2, tabelul 2.43 stabilește poziția liniei de nituire W.

1. $W=45$ mm.

2. Folosind anexa 3, tabelul 3.37 stabilește distanțele între nituri:

2.

$3d \leqslant e \leqslant (6\,d,\ 12\,t)$; $69 \leqslant e \leqslant (138;\ 96)$;

$2d \leqslant e_2 \leqslant (4\,d,\ 8\,t)$. $46 \leqslant e_2 \leqslant (92:\ 64)$;

se propune: $e=70$ mm; $e_2=50$ mm.

f. *Calculul lungimii nitului*

$l=l_s+4\,\frac{d_1}{3}$, pentru batere cu mașina; $l=(2\cdot 0{,}8+1{,}5)+4\,\frac{2{,}2}{3}=6{,}05$ cm;

$l=l_s+7\,\frac{d_1}{3}$, pentru batere manuală. se propune $l=65$ mm.

g. *Alcătuirea prinderii*

Prinderea se alcătuiește ca în figura 8.11.

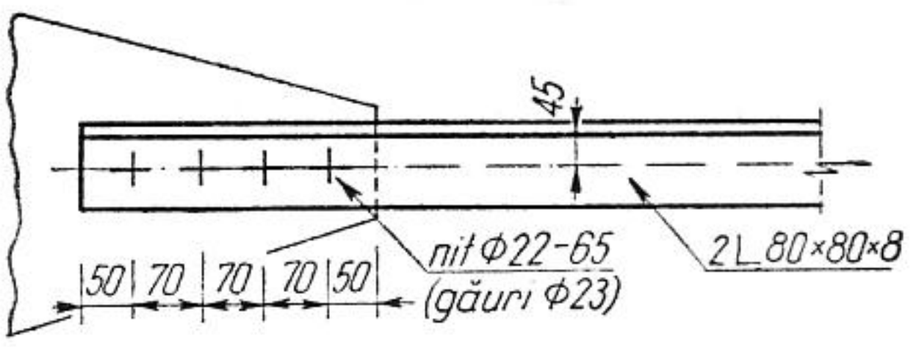


Fig. 8.11.

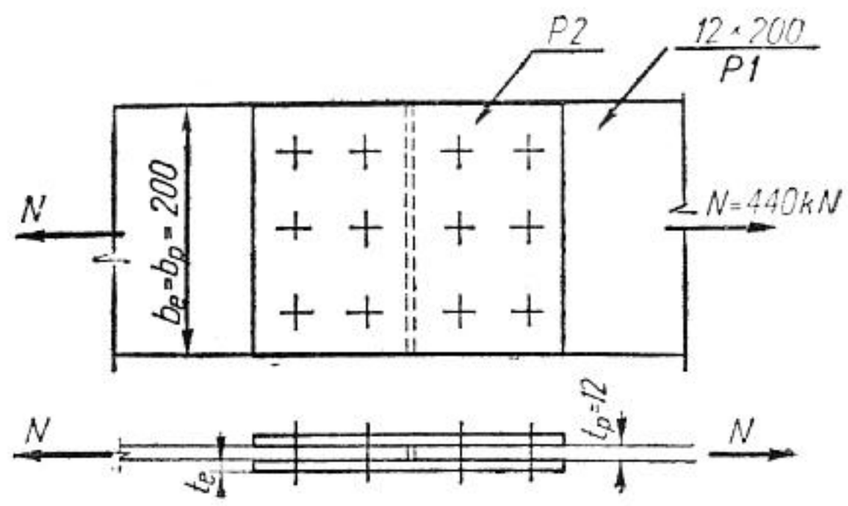


Fig. 8.12.

APLICAȚIA 8.2. Să se dimensioneze îmbinarea cu nituri a două platbande 200×12 din oțel OL 37; efortul N=440 kN (fig. 8.12).

a. *Dimensionarea ecliselor* P_2

1. Calculează aria unei eclise, ținînd seama de slăbirile produse de găurile niturilor:

1.

$$A_e=b_e\cdot t_e=\frac{N}{2\cdot 0{,}85\cdot R}.$$

$$A_e=\frac{440\cdot 10^3}{2\cdot 0{,}85\cdot 220}=1\,176\ \text{mm}^2=$$

$$=11{,}76\ \text{cm}^2.$$

2. Stabilește grosimea eclisei:

2.

$$t_e=\frac{A_e}{b_e}=\frac{A_e}{b_p}:$$

$$t_e=\frac{11{,}8\cdot 10^2}{200}=5{,}9\ \text{mm};$$

rotund, $t_e=6$ mm;
deci se propun eclise 6×200.

b. *Alegerea nitului*

1. Alege marca nitului în funcție de marca oțelului construcției (anexa 3, tabelul 3.6)

1. Nitul se va alcătui din oțel OL 34.

2. Stabilește diametrul de calcul al nitului:

$$d=\sqrt{5t}-0{,}2 \text{ cm},$$

în care t este grosimea minimă în pachet.

2.

$$d=\sqrt{5\cdot 0{,}6}-0{,}2=1{,}53 \text{ cm};$$

$$t=0{,}6 \text{ cm}.$$

3. Alege diametrul nitului, din anexa 2, tabelul 2.40 îndeplinind condiția:

$$l_s \leqslant 5d,$$

în care l_s este lungimea de strîns.

3. Se alege un nit cu diametrul de calcul $d=17$ mm, căruia îi corespunde un diametru nominal

$$d_1=16 \text{ mm};$$

$$l_s=12+6+6=24 \text{ mm};$$

$$5d=5\cdot 16=80 \text{ mm}.$$

4. Stabilește lungimea nitului

$$l=l_s+4\frac{d_1}{3},$$

pentru nituri bătute mecanic;

$$l=l_s+7\frac{d_1}{3},$$

pentru nituri bătute manual, în care d_1 este diametrul nominal al nitului.

4.

$$l=24+4\cdot\frac{16}{3}=45{,}3 \text{ mm};$$

se rotunjește la 5 mm așa încît rezultă:

$$l=50 \text{ mm}.$$

c. *Efortul capabil al nitului*

1. Efortul capabil la forfecare:

$$N_{cf}=n_f\frac{\pi d^2}{4}R_f^n,$$

în care:

n_f este numărul secțiunilor de forfecare;

R_f^n — rezistența de calcul la forfecare a nitului (anexa 3, tabelul 3.6).

1.

$$N_{cf}=2\frac{3{,}14\cdot 1{,}7^2}{4}10^2\cdot 170=$$

$$=77{,}13\cdot 10^3 \text{ N}=77{,}13 \text{ kN};$$

$n_f=2$;

$R_f^n=170 \text{ N/mm}^2$.

2. Efortul capabil la presiune pe pereții găurii:

$$N_{cp}=d(\Sigma t)R_p^n$$

în care:

Σt este suma minimă a grosimilor care tind să se deplaseze în același sens;

R_p^n — rezistența admisibilă, la presiune pe gaură (anexa 3, tabelul 3.6).

2.

$N_{cp}=1{,}7\cdot 1{,}2\cdot 10^2\cdot 420=85{,}68\cdot 10^3 \text{ N}=$
$=85{,}68$ kN;

$t=1{,}2$ cm;

$R_p^n=420 \text{ N/mm}^2$.

3. Stabilește efortul capabil al nitului:

$$N_c = min(N_{cf},\ N_{cp}).$$

3.

$$N_c = min\ (77{,}13;\ 85{,}68) = 77{,}13\ \text{kN}.$$

4. Numărul de nituri necesar:

$$n = \frac{N}{N_c}.$$

4.

$$n = \frac{440}{77{,}13} = 5{,}7;$$

se propune $n = 6$.

d. *Așezarea niturilor*

1. Stabilește numărul de linii de nituri avînd în vedere:
— numărul de nituri necesar;
— pe o linie se pot așeza cel mult 6 nituri.

1. Se propun două rînduri de nituri a cîte 3 nituri pe rînd (fig. 8.13).

2. Stabilește distanța între nituri (anexa 3, tabelul 3.37):

$$3d \leqslant e \leqslant (8d;\ 12t);$$

$$3d \leqslant e_1 \leqslant (6d;\ 12t);$$

$$2d \leqslant e_2 \leqslant (4d;\ 8t);$$

$$1{,}5d \leqslant e_3 \leqslant (4d;\ 8t),$$

în care t este grosimea minimă din pachet; rezultatele se rotunjesc superior la 5 mm.

2.

$$51 \leqslant e \leqslant (136;\ 72);$$

$$51 \leqslant e_1 \leqslant (102;\ 72);$$

$$34 \leqslant e_2 \leqslant (68;\ 48);$$

$$25 \leqslant e_3 \leqslant (68;\ 48);$$

$e = 55;\ e_1 = 60;\ e_2 = 40;\ e_3 = 40.$

e. *Alcătuirea îmbinării se face ca în figura 8.13*

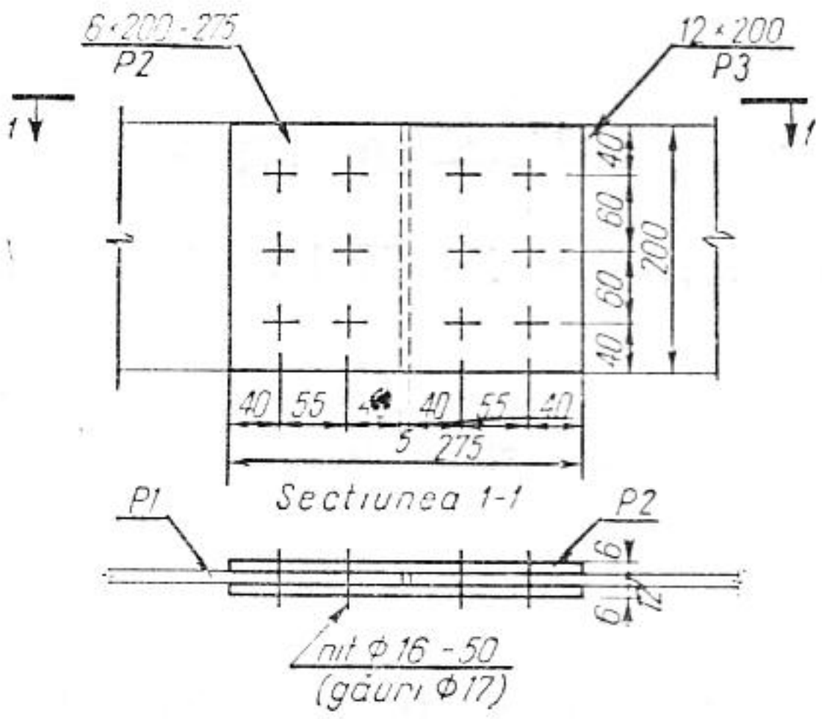


Fig. 8.13.

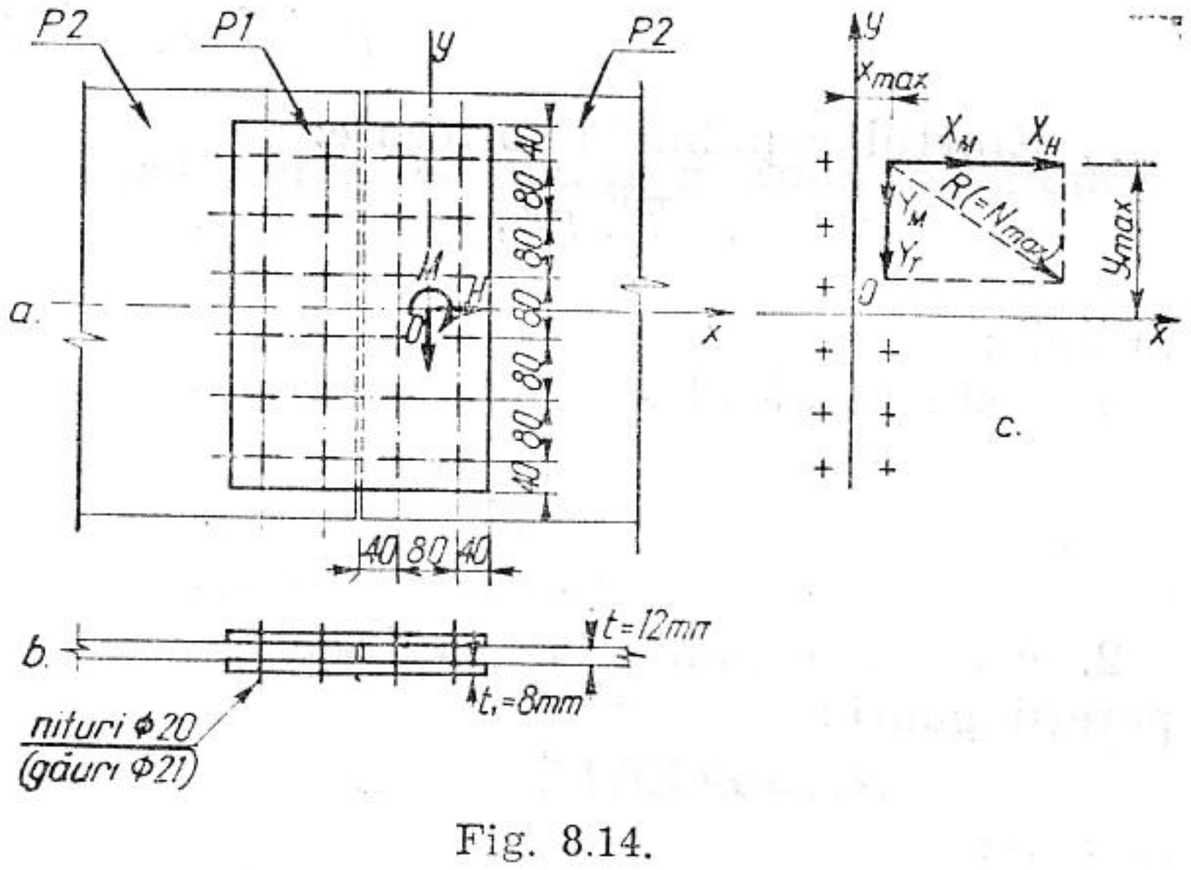


Fig. 8.14.

APLICAȚIA 8.3. Să se verifice nitul cel mai solicitat din îmbinarea cu nituri din figura 8.14; îmbinarea este solicitată în planul ei la următoarele solicitări; M = 42 kNm, H = 560 kN, T = 490 kN.

Piesa care se îmbină și eclisele sînt alcătuite din OL 37, iar niturile din OL 34; niturile au diametrul de calcul d = 21 mm.

Rezolvare

a. *Efortul capabil al nitului*

1. Calculează efortul capabil la forfecare:

$$N_{cf}=n_f \frac{\pi d^2}{4} R_f^n,$$

în care:

n_f este numărul secțiunilor de forfecare;

R_f^n — rezistența de calcul la forfecare a nitului (anexa 3, tabelul 3.6).

1.

$$N_{cf}=2\cdot \frac{3{,}14\cdot 2{,}1^2}{4}\cdot 10^2\cdot 170=$$

$$=117{,}7\cdot 10^3 \text{ N}=117{,}7 \text{ kN};$$

$n_f=2$;

$R_f^n=170$ N/mm².

2. Calculează efortul capabil la presiune pe gaură:

$$N_{cp}=d(\Sigma t)R_p^n$$

în care:

Σt este suma minimă a grosimilor care tind să se deplaseze în același sens;

R_p^n — rezistența de calcul la presiune pe pereții găurii (anexa 3, tabelul 3.6).

2.

$$N_{cp}=2{,}1\cdot 1{,}2\cdot 10^2\cdot 420=105{,}84\cdot 10^3 \text{ N}=$$

$$=105{,}84 \text{ kN};$$

$\Sigma t=1{,}2$ cm;

$R_p^n=420$ N/mm².

3. Stabilește efortul capabil al nitului:

$$N_c=min(N_{cf};\ N_{cp}).$$

3.

$$N_c=min(117{,}7;\ 105{,}84)=105{,}84 \text{ kN}.$$

b. *Calculul solicitării maxime* N_{max}

1. Calculează componentele orizontale ale solicitării maxime (fig. 7.14, *c*):

$$X_M=M\cdot \frac{y_{max}}{\Sigma(x_i^2+y_i^2)}\approx M\cdot \frac{y_{max}}{\Sigma y_i^2};$$

$$X_H=\frac{H}{n};$$

în care n este numărul niturilor de o parte a îmbinării.

1.

$$X_M=42\cdot 10^2 \frac{20}{4(4^2+12^2+20^2)}=37{,}50 \text{ kN};$$

$$X_H=\frac{560}{12}=46{,}7 \text{ kN};$$

$n=12$.

2. Calculează componentele verticale ale solicitării:

$$Y_M=M\cdot \frac{x_{max}}{\Sigma(x_i^2+y_i^2)}\approx M\cdot \frac{x_{max}}{\Sigma y_i^2};$$

$$Y_T=\frac{T}{n};$$

2.

$$Y_M=42\cdot 10^2 \frac{4}{4(4^2+12^2+20^2)}=0{,}75 \text{ kN};$$

$$Y_T=\frac{490}{12}=40{,}8 \text{ kN}.$$

3. Calculează solicitarea rezultantă:

$$N_{max}=\sqrt{(X_M+X_H)^2+(Y_M+Y_T)^2}.$$

3.

$$N_{max}=$$

$$=\sqrt{(37,50+46,70)^2+(0,75+40,8)^2}=$$

$$=93,89 \text{ kN}.$$

4. Verifică îndeplinirca condiției:

$$N_{max}\leqslant N_c.$$

4.

$$93,89<105,84.$$

APLICAȚIA 8.4. Să se proiecteze prinderea cu șuruburi a consolei din figura 8.15; consola este alcătuită din OL 37; se consideră că au fost stabilite, în prealabil, dimensiunile consolei.

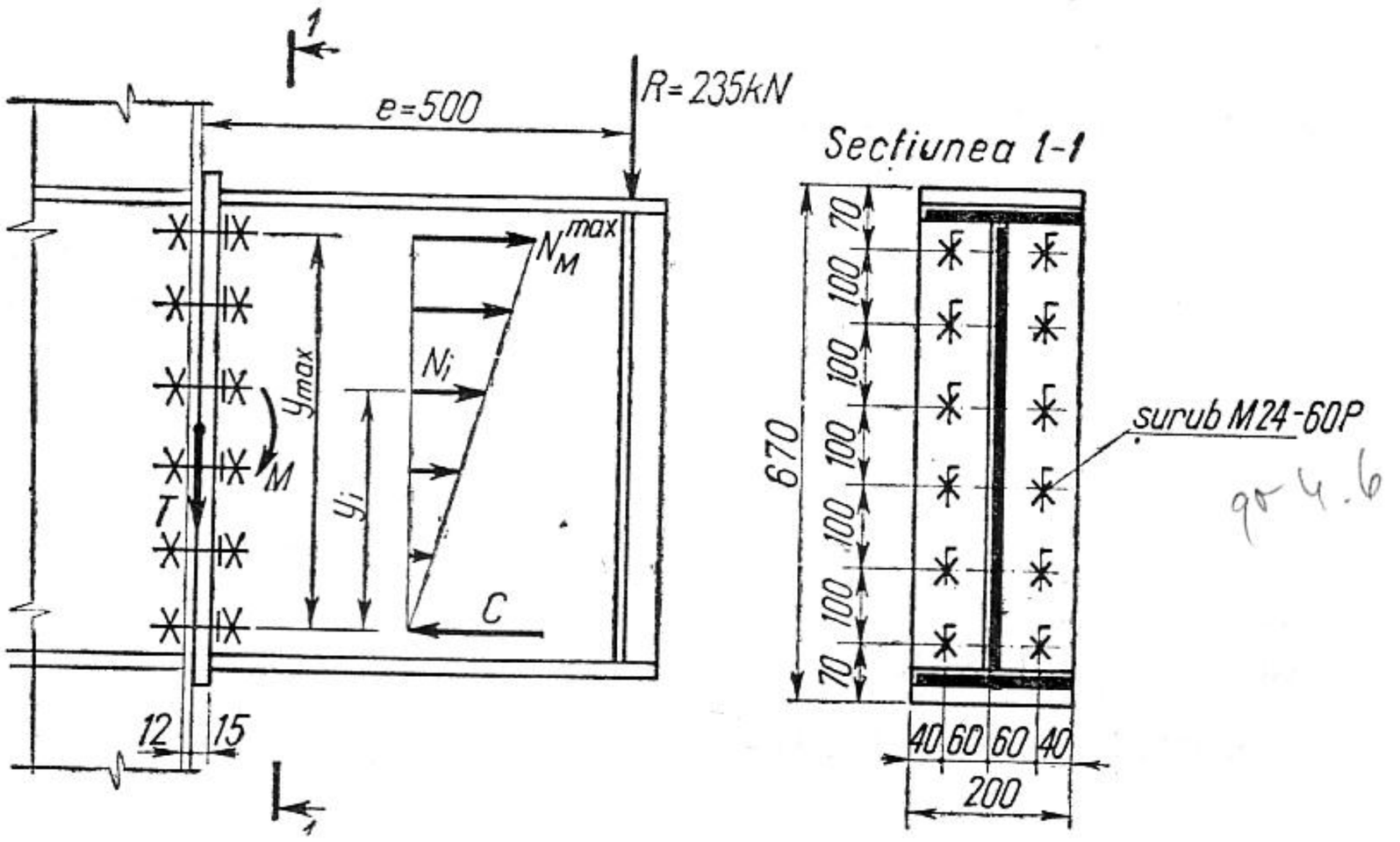


Fig. 8.15.

Rezolvare

1. Stabilește tipul și calitatea șurubului (v. 8.3.1 și 8.3.2).

1. Șuruburile fiind solicitate la întinderi și forfecări suficient de mari, se propun șuruburi păsuite semiprecise, categoria 4.6.

2. Stabilește diametrul șurubului (v. 8.3.3).

$$d=\sqrt{5t}-0,2 \text{ cm}.$$

2.

$$d=\sqrt{5\cdot 1,2}-0,2 \text{ cm}=2,24 \text{ cm};$$

se propun șuruburi M 24.

3. Propune numărul de șuruburi și așezarea lor (v. 8.3.4).

3. Se propun șuruburi pe două coloane, așezate ca în figura 8.15.

4. Stabilește solicitările în centrul de greutate al îmbinării:

$$M=R\cdot e;$$

$$T=R.$$

4.

$$M=235\cdot 0,5=117,5 \text{ kNm};$$

$$T=235 \text{ kN}.$$

5. Stabilește solicitarea în șurubul cel mai solicitat (v. 8.3.5 și 8.3.6)

$$N_M^{max} = M \frac{y_{max}}{\Sigma y_i^2};$$

5.

$$N_M^{max} = 117{,}5 \cdot 10^2 \frac{50}{2(10^2+20^2+30^2+40^2+50^2)} =$$

$$= 53{,}42 \text{ kN};$$

$$N_T = \frac{T}{n},$$

$$N_T = \frac{235}{12} = 19{,}58 \text{ kN}.$$

6. Stabilește efortul capabil al șurubului (v. 8.3.3).

— la forfecare:

$$N_{cf} = n_f \frac{\pi d^2}{4} R_j^l;$$

6.

$$N_{cf} = 1 \cdot \frac{3{,}14 \cdot 2{,}4^2}{4} \cdot 10^2 \cdot 130 =$$

$$= 58{,}78 \cdot 10^3 \text{N} = 58{,}78 \text{ kN};$$

— la întindere:

$$N_{ci} = A_s \cdot R_i^b;$$

$$N_{ci} = 3{,}5 \cdot 10^2 \cdot 170 = 59{,}5 \cdot 10^3 \text{ N} =$$

$$= 59{,}5 \text{ kN};$$

— la presiune pe gaură:

$$N_{cp} = d(\Sigma t) R_p^b.$$

$$N_{cp} = 2{,}4 \cdot 1{,}2 \cdot 10^2 \cdot 340 = 97{,}92 \cdot 10^3 \text{ N} =$$

$$= 97{,}92 \text{ kN}.$$

7. Verifică îndeplinirea condițiilor:

$$N_M^{max} \leqslant N_{ci};$$

7.

$$53{,}42 < 59{,}45;$$

$$N_T \leqslant min(N_{cf};\ N_{cp}).$$

$$19{,}58 < min(58{,}78;\ 97{,}92).$$

8. Verifică efortul unitar echivalent în secțiunea solicitată concomitent la întindere și forfecare (v. 8.3.6):

$$\sigma_M = \frac{N_M^{max}}{A_{br}};$$

8.

$$\sigma_M = \frac{53{,}42 \cdot 10^3}{4{,}52 \cdot 10^2} = 118{,}2 \text{ N/mm}^2;$$

$$\tau = \frac{N_T}{A_{br}};$$

$$\tau = \frac{19{,}58 \cdot 10^3}{4{,}52 \cdot 10^2} = 43{,}32 \text{ N/mm}^2;$$

$$\sigma_{ech} = \sqrt{\sigma_M^2 + 3\tau^2} \leqslant 1{,}1 \ R_i^b.$$

$$\sigma_{ech} = \sqrt{118{,}2^2 + 3 \cdot 43{,}32^2} =$$

$$= 139{,}9 \text{ N/mm}^2$$

$$1{,}1 R_i^b = 187 \text{ N/mm}^2.$$

9. Stabilește lungimea șurubului și lungimea filetului (anexa 2, tabelul 2.34).

9.

— lungime filet: $b = 54$ mm;

— lungime șurub: $l = 80$ mm.

APLICAȚIA 8.5. Să se proiecteze prinderea cu șuruburi a fermei de stîlpi la o hală industrială (fig. 8.16, a) cunoscînd că:

— centrarea barelor se face la fața stîlpului; acțiunile fermei sînt: R=540 kN, H=385 kN (fig. 8.16, b); guseul, considerat rezolvat, este alcătuit din OL 37.

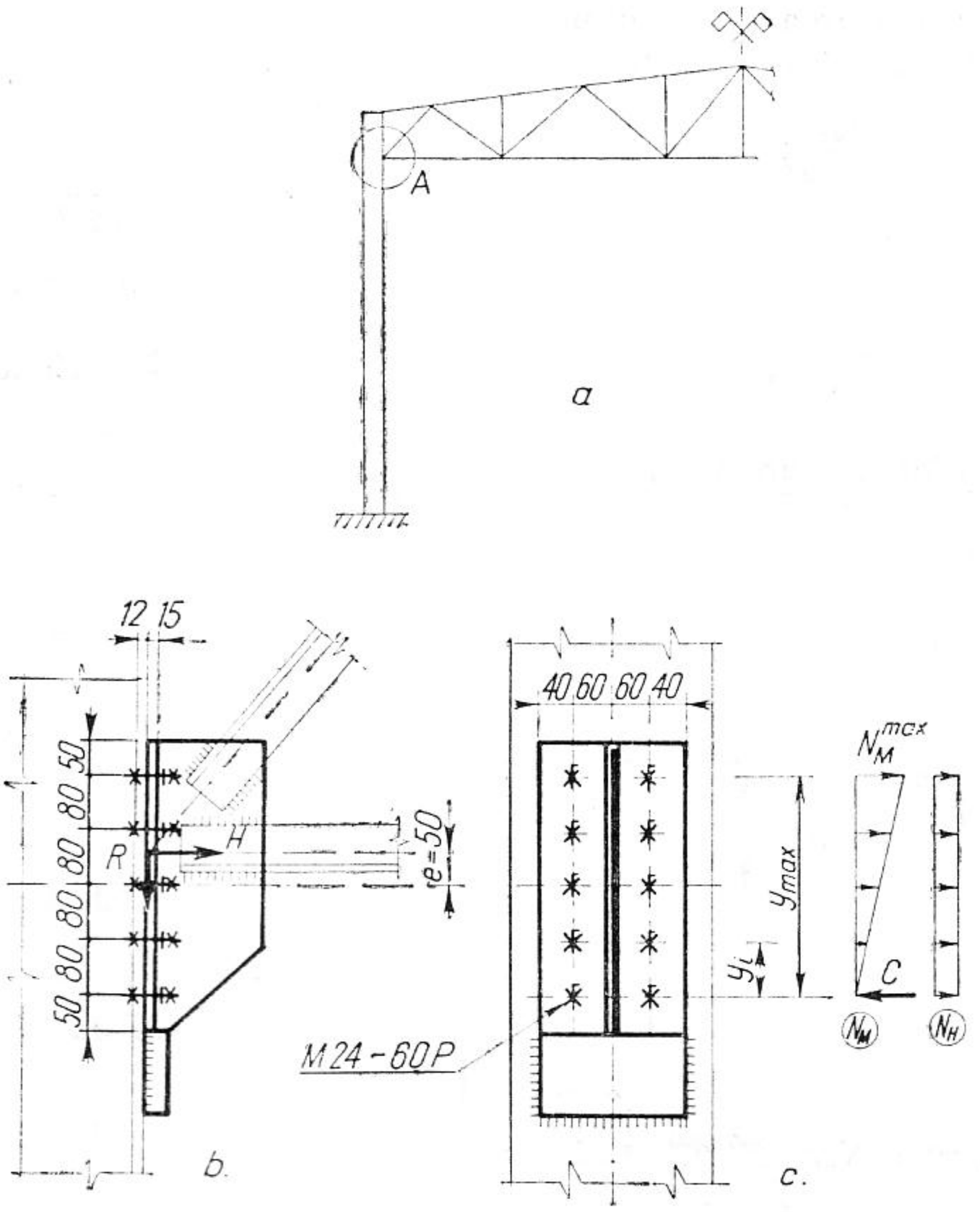


Fig. 8.16.

Rezolvare

1. Stabilește tipul și calitatea șurubului (v. 8.3.1 și 8.3.2).

2. Stabilește diametrul șurubului (v. 8.3.3)

$$d=\sqrt{5t}-0{,}2 \text{ cm}.$$

3. Propune numărul de șuruburi și așezarea lor (v. 8.3.4).

4. Stabilește solicitările în centrul de greutate al îmbinării.

5. Stabilește solicitările în șurubul cel mai solicitat (v. 8.3.5 și 8.3.6):

$$N_H=\frac{H}{n};$$

$$N_M^{max}=M\frac{y_{max}}{2\Sigma y_i^2},$$

1. Se propun șuruburi nepăsuite semiprecise, grupa 4.6.

2.

$$d=\sqrt{5\cdot 1{,}2}-0{,}2\text{cm}=2{,}24 \text{ cm};$$

Se propun șuruburi M24

3. Se propun șuruburi așezate ca în figura 8.16.

4.

$T=R=540$ kN (preluat de scaun);

$H=385$ kN;

$M=H\cdot e=385\cdot 5=1\,925$ kNcm.

5.

$$N_H=\frac{385}{10}=38{,}5 \text{ kN};$$

$$N_M^{max}=1\,925\frac{32}{2(8^2+16^2+24^2+32^2)}=$$
$$=15{,}23 \text{ kN}.$$

6. Stabilește efortul capabil al șurubului la întindere:

$$N_{ci}=A_s\cdot R_i^b.$$

6.

$$N_{ci}=3{,}5\cdot 10^2\cdot 170=59{,}5\cdot 10^3\ \text{N}=$$
$$=59{,}5\ \text{kN}.$$

7. Verifică condiția:

$$(N_H+N_M^{max})\leqslant N_{ci}.$$

7.

$$(38{,}5+15{,}23)<59{,}5.$$

APLICAȚIA 8.6. Să se proiecteze îmbinarea cu șuruburi de înaltă rezistență din figura 8.17 cunoscînd:

– solicitările: M=700 kNm, T=830 kN; construcția este alcătuită din oțel OL 37.

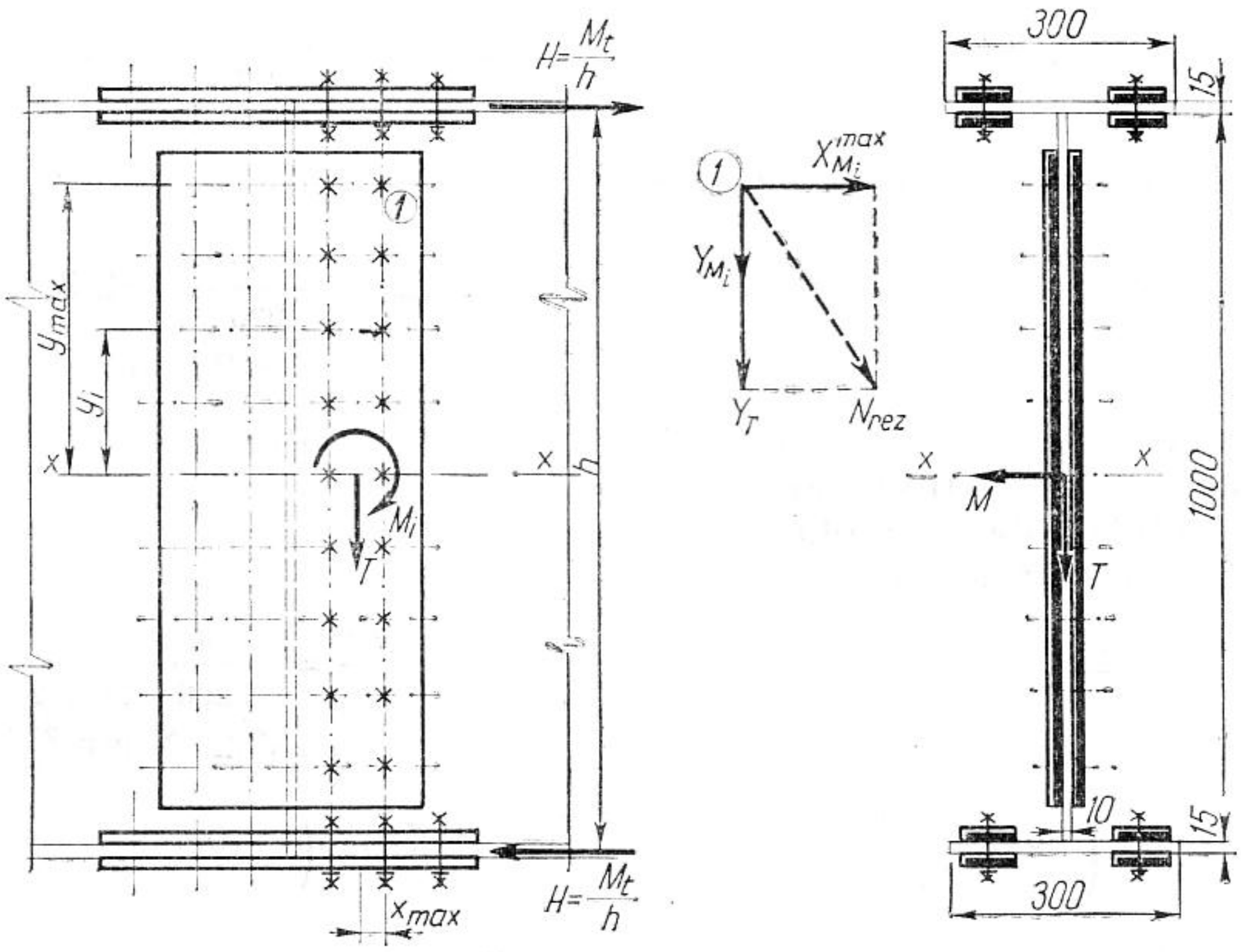


Fig. 8.17.

Rezolvare

1. Stabilește solicitările pentru calculul îmbinării: M, T.

1.

$M=700$ kNm;
$T=830$ kN.

2. Stabilește momentul de inerție al inimii I_i și al tălpilor I_t față de axa $x-x$ a secțiunii care se îmbină.

2.

$I_i=83\,333$ cm^4;
$I_t=231\,810$ cm^4.

3. Calculează solicitările preluate separat de inimă și tălpi:

$$M_i=M\frac{I_i}{I_i+I_t};\qquad M_i=700\cdot\frac{83\,333}{83\,333+231\,810}=185{,}1\ \text{kNm};$$

$$M_t=M\cdot\frac{I_t}{I_i+I_t};\qquad M_t=700\frac{231\,810}{83\,333+231\,810}=514{,}9\ \text{kNm};$$

$$T_i=T;\qquad T_i=830\ \text{kN};$$

$$H=\frac{M_t}{h};\qquad H=\frac{514{,}9}{1{,}015}=507{,}3\ \text{kN}.$$

4. Stabileşte secţiunea ecliselor inimii:

$$W_{nec}=\frac{M_i}{R};$$

— eclisele să acopere cît mai mult posibil înălţimea inimii;

— grosimea minimă: $t=6$ mm;

— propune eclise cu $W_{ef}<W_{nec}$;

— verifică tensiunea tangenţială în eclise:

$$\tau_{max}=1{,}5\,\frac{T_i}{A_e}\leqslant R_f.$$

5. Stabileşte secţiunea ecliselor tălpilor:

$$A_{nec}=\frac{H}{R};$$

— propune eclise cu $A_{ef}\geqslant A_{nec}$ şi cu o lăţime care să permită aşezarea şuruburilor (M 20, de exemplu):

— verifică secţiunea slăbită:

$$\frac{H'}{A_{net}}\leqslant R;$$

$$H'=H\left(1-0{,}4\,\frac{n_1}{n}\right)$$

în care:

n_1 — numărul şuruburilor din secţiunea ce se verifică;

n — numărul şuruburilor de pe o parte a îmbinării.

6. Propune diametrul şurubului, numărul şuruburilor şi aşezarea lor (v. 8.3.4.)

7. Calculează efortul capabil al unui şurub de pe inimă: (v. punctul 8.4)

$$N_t=0{,}8\ \ A_s\cdot R_c;$$

$$N_s=0{,}9\cdot f\cdot N_t;$$

$$N_{cap}=n_s N_s;$$

4.

$$W_{nec}=\frac{185{,}1\cdot 10^6}{220}=841{,}4\cdot 10^3\ \text{mm}^3=$$

$$=841{,}4\ \text{cm}^3$$

se propun 2 eclise 8×900 cu:

$$A_e=2\cdot 0{,}8\cdot 90=144\ \text{cm}^2;$$

$$W=2\cdot\frac{0{,}8\cdot 90^2}{6}=2\,160\ \text{cm}^3;$$

$$\tau_{max}=1{,}5\cdot\frac{830\cdot 10^3}{144\cdot 10^2}=86{,}5\ \text{N/mm}^2<R_f.$$

5.

$$A_{nec}=\frac{507{,}3\cdot 10^3}{220}=2\,306\ \text{mm}^2=$$

$$=23{,}06\ \text{cm}^2;$$

— se propun 4 eclise 10×80;

$$\frac{H'}{A_{net}}=\frac{439{,}7\cdot 10^3}{3\,200-4\cdot 10\cdot 20}=$$

$$=183{,}2\ \text{N/mm}^2<R;$$

$$H'=507{,}3\left(1-0{,}4\cdot\frac{2}{6}\right)=439{,}7\ \text{kN};$$

$n_1=2$;

$n=6$ (numărul minim admis).

6. Se propun şuruburi M 20, grupa 8.8, aşezate ca în figura 8.18.

7.

$$N_t=0{,}8\cdot 245\cdot 640=125\,440\ \text{N}=$$
$$=125{,}44\ \text{kN};$$

$$N_s=0{,}9\cdot 0{,}40\cdot 125{,}44=45{,}16\ \text{kN};$$

$n_s=2$;

$$N_{cap}=2\cdot 45{,}16=90{,}32\ \text{kN};$$

8. Calculează efortul capabil al unui șurub de pe tălpi: efortul capabil este același cu cel calculat pentru îmbinarea inimii, dacă se folosește același diametru de șurub;

8.

$N_{cap}=90{,}32$ kN;

9. Calculează solicitarea în șurubul cel mai solicitat de pe inimă (v. 8.4):

$$X_{M_i}^{max}=M_i\frac{y_{max}}{\Sigma(x_i^2+y_i^2)}\approx M_i\frac{y_{max}}{\Sigma y_i^2};$$

9.

$$X_{M_i}^{max}=185{,}1\cdot10^2\cdot\frac{40}{4(10^2+20^2+30^2+40^2)}=$$

$=61{,}7$ kN;

$$Y_{M_i}^{max}=M_i\frac{x_{max}}{\Sigma(x_i^2+y_i^2)}\approx M_i\frac{x_{max}}{\Sigma y_i^2};$$

$$Y_{M_i}^{max}=185{,}1\cdot10^2\cdot\frac{4}{4(10^2+20^2+30^2+40^2)}=$$

$=6{,}17$ kN;

$$Y_T=\frac{T_t}{n};$$

$$Y_T=\frac{830}{18}=46{,}11 \text{ kN};$$

$$N_{rez}=\sqrt{X_M^2+(Y_T+Y_M)^2}.$$

$$N_{rez}=\sqrt{61{,}7^2+(46{,}11+6{,}17)^2}=$$

$=80{,}87$ kN.

10. Stabilește solicitarea unui șurub de pe talpă

10.

$$N_{rez}=\frac{H}{n},$$

$$N_{rez}=\frac{507{,}3}{6}=84{,}55 \text{ kN}.$$

în care n este numărul șuruburilor pe o jumătate din îmbinarea unei tălpi.

11. Verifică îndeplinirea condițiilor:

— pe inimă:

$N_{rez}\leqslant N_{cap}$;

— pe tălpi

$N_{rez}\leqslant N_{cap}$.

11.

— pe inimă:

$80{,}87<90{,}32$;

— pe tălpi:

$84{,}55<90{,}32$;

12. Stabilește lungimea șuruburilor (v. anexa 2, tabelul 2.31).

12. Șuruburile de pe inimă rezultă cu lungimea $l=65$ mm, iar cele de pe tălpi cu lungimea $l=70$ mm.

13. Stabilește diametrul găurii pentru șurubul propus:

$d_{gaură}=d+1$ mm.

13.

$d_{gaură}=20+1=21$ mm.

14. Alcătuiește îmbinarea.

14. Alcătuirea îmbinării se face ca în figura 8.18.

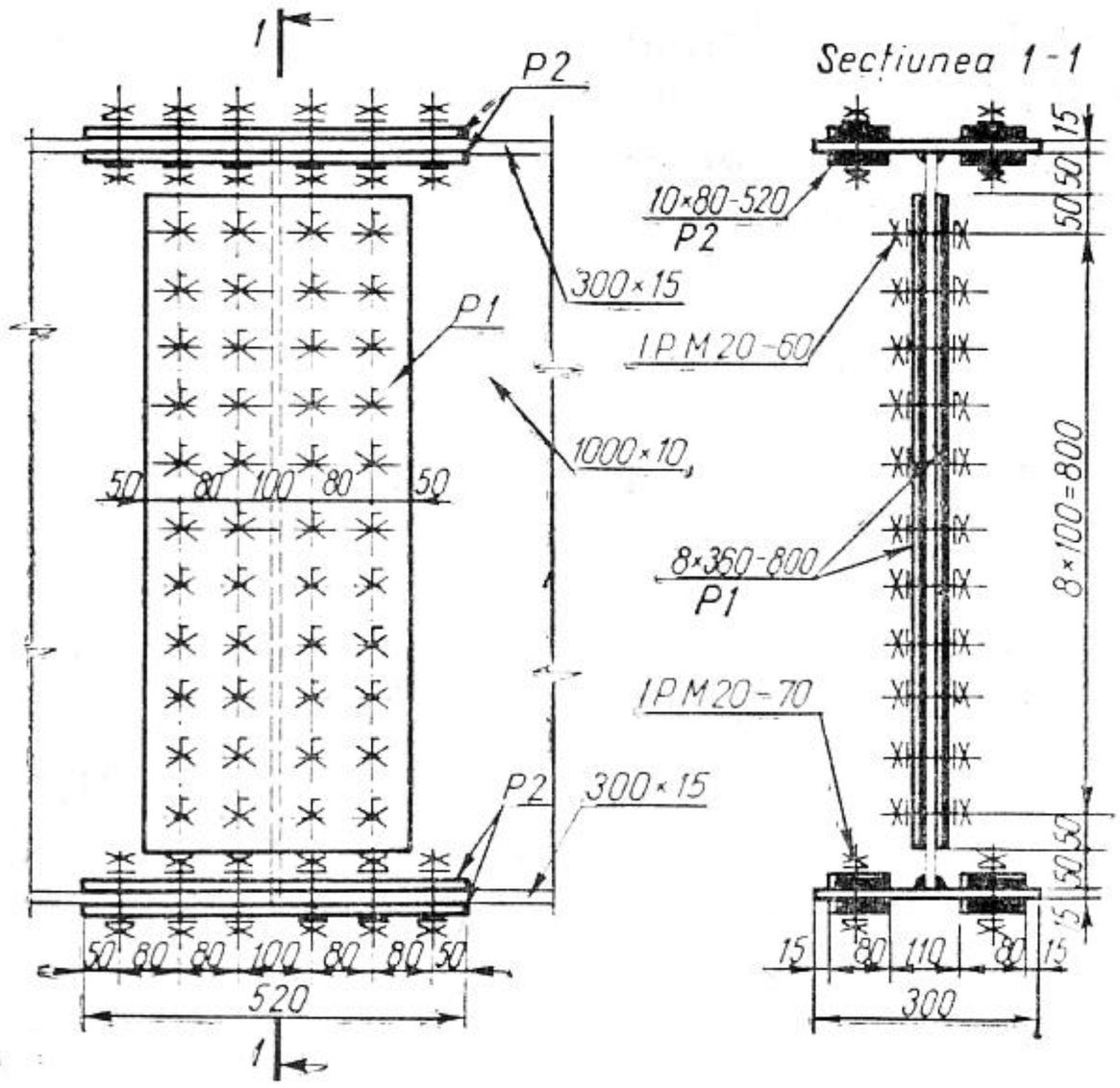


Fig. 8.18.

APLICAȚIA 8.7. Să se verifice îmbinarea cu sudură din figura 8.19 cunoscînd că:

— piesele care se îmbină sînt alcătuite din OL 37; forța axială, N=425 kN; execuția cordonului de sudură se face fără piese de prelungire (varianta a), sau cu piese de prelungire (varianta b), în V, cu resudarea rădăcinii (fig. 8.19, c); controlul sudurii (electrică manuală) se face cu mijloace fizice.

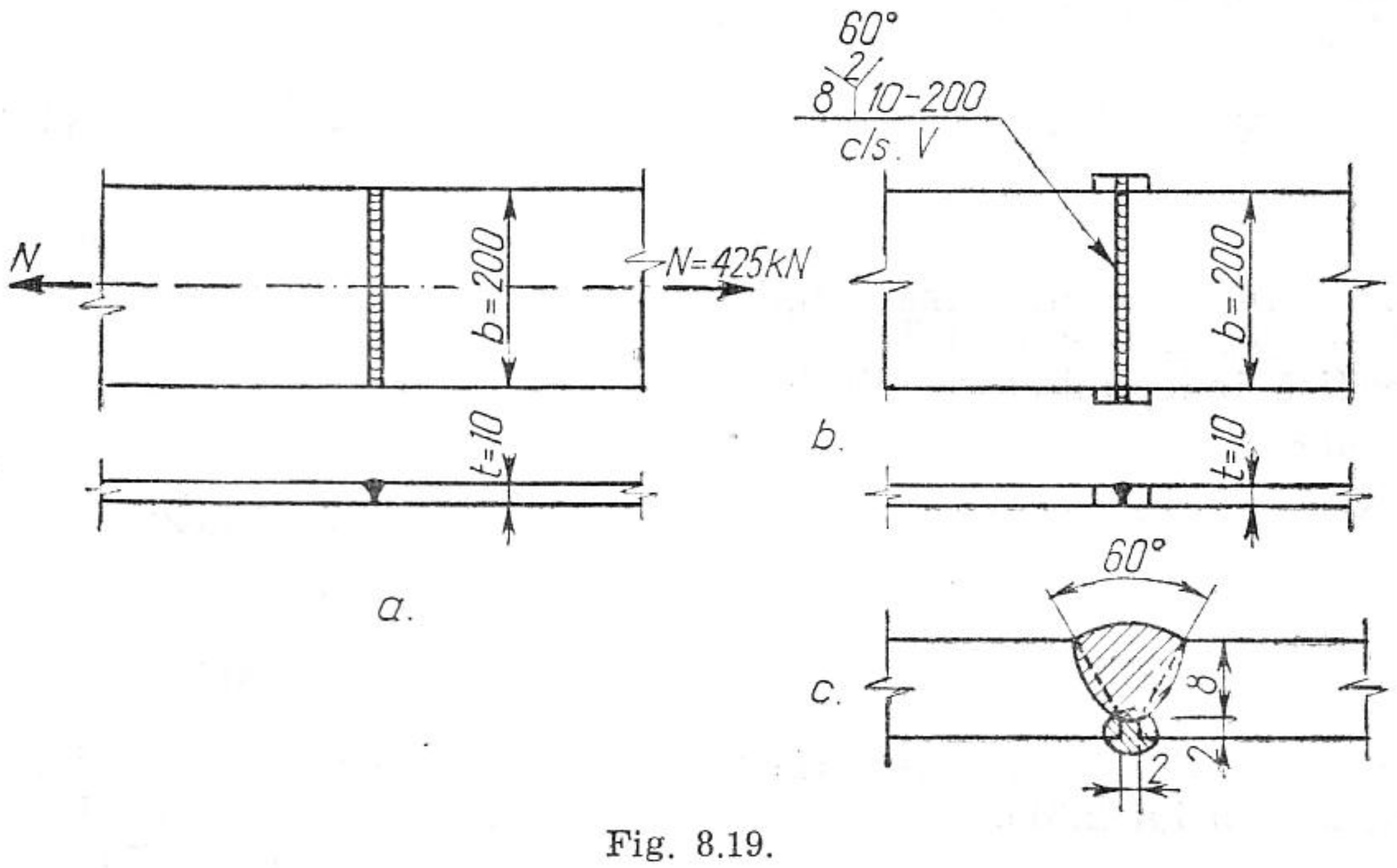


Fig. 8.19.

Rezolvare

Varianta a

1. Stabilește caracteristicile geometrice ale cordonului de sudură:

$a=t;$ $a=10$ mm;

$l=b-2a.$ $l=20-2\cdot 1=18$ cm.

1.

2. Stabilește solicitarea în centrul de greutate al îmbinării.

2.

$$N=425 \text{ kN}.$$

3. Calculează aria sudurii:

$$A=a\cdot l.$$

3.

$$A=1\cdot 18=18 \text{ cm}^2.$$

4. Calculează tensiunea în sudură

$$\sigma=\frac{N}{A}\leqslant R_i^s,$$

R_i^s se ia din anexa 3, tabelul 3.9.

4.

$$\sigma=\frac{425\cdot 10^3}{18\cdot 10^2}=236 \text{ N/mm}^2>R_i^s;$$

$$R_i^s=220 \text{ N/mm}^2.$$

Varianta b

1. Stabilește caracteristicile geometrice ale cordonului de sudură:

$$a=t;\ l=b.$$

1.

$$a=10 \text{ mm};\ l=200 \text{ mm}.$$

2. Stabilește solicitarea în centrul de greutate al îmbinării.

2.

$$N=425 \text{ kN}.$$

3. Calculează aria sudurii

$$A=a\cdot l.$$

3.

$$A=1\cdot 20=20 \text{ cm}^2.$$

4. Calculează tensiunea în sudură:

$$\sigma=\frac{N}{A}<R_i^s.$$

4.

$$\sigma=\frac{425\cdot 10^3}{20\cdot 10^2}=212{,}5 \text{ N/mm}^2<R_i^s.$$

APLICAȚIA 8.8. Să se verifice îmbinarea cu sudură din figura 8.20 cunoscînd: — forța axială N=770 kN; cele două piese care se îmbină sînt alcătuite din OL 37; execuția cordonului de sudură se face cu piese de prelungire; controlul sudurii (electrică manuală) se face cu mijloace fizice.

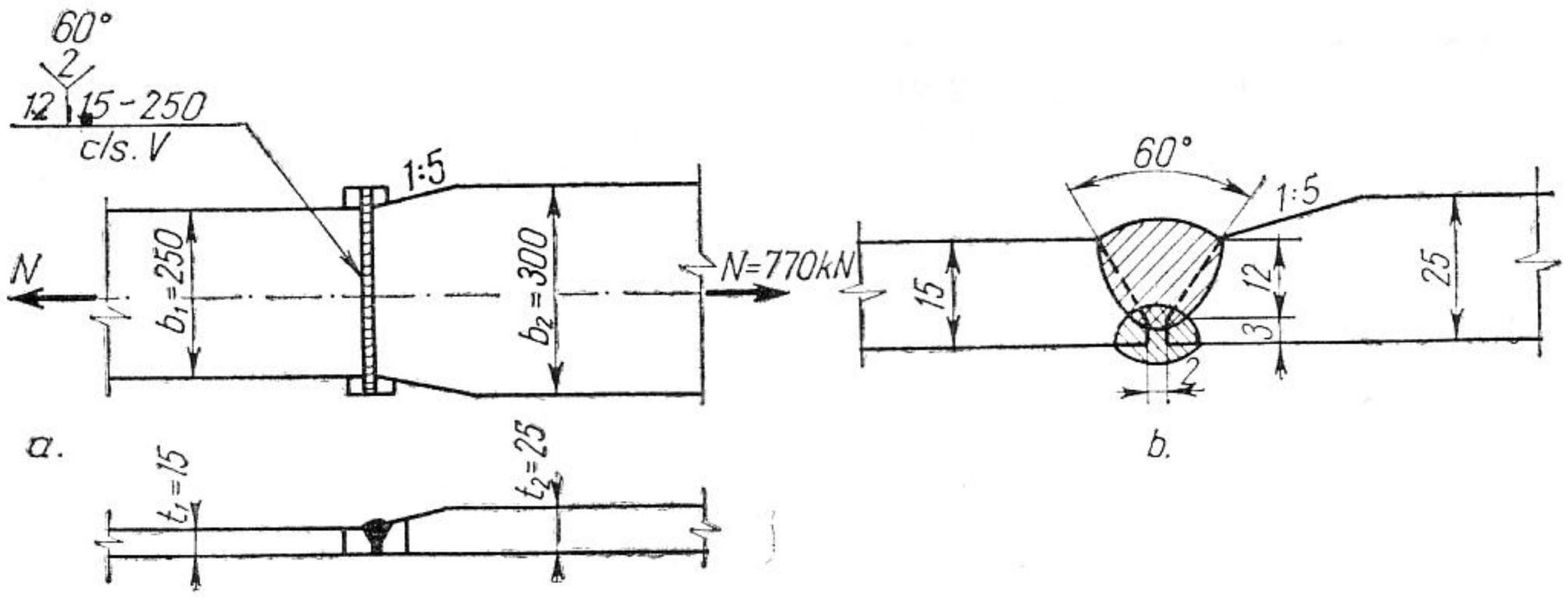


Fig. 8.20.

Rezolvare

1. Stabilește caracteristicile geometrice ale cordoanelor de sudură:

1.

$$a=t_{min}=t_1;\qquad a=15 \text{ mm};$$

$$l=b_{min}=b_1.\qquad l=250 \text{ mm}.$$

2. Calculează aria sudurii:

$$A = a \cdot l.$$

2.

$$A = 1{,}5 \cdot 25 = 37{,}5 \text{ cm}^2.$$

3. Stabilește solicitarea în centrul de greutate al îmbinării N.

3.

$$N = 770 \text{ kN}.$$

4. Calculează tensiunea în sudură:

$$\sigma = \frac{N}{A} \leqslant R_i^s.$$

4.

$$\sigma = \frac{770 \cdot 10^3}{37{,}5 \cdot 10^2} = 205 \text{ N/mm}^2 < R_i^s;$$

$$R_i^s = 220 \text{ N/mm}^2.$$

APLICAȚIA 8.9. Să se calculeze prinderea cu sudură de un guseu (fig. 8.21, a) a diagonalei comprimate a unei ferme, la efortul capabil al diagonalei, cunoscînd:

– lungimile de flambaj ale diagonalei: $l_{fx} = 2{,}56$ m (în planul fermei) și $l_{fy} = 3{,}20$ m (în plan perpendicular pe planul fermei); diagonala este alcătuită din două corniere 90×90×9 (OL 37).

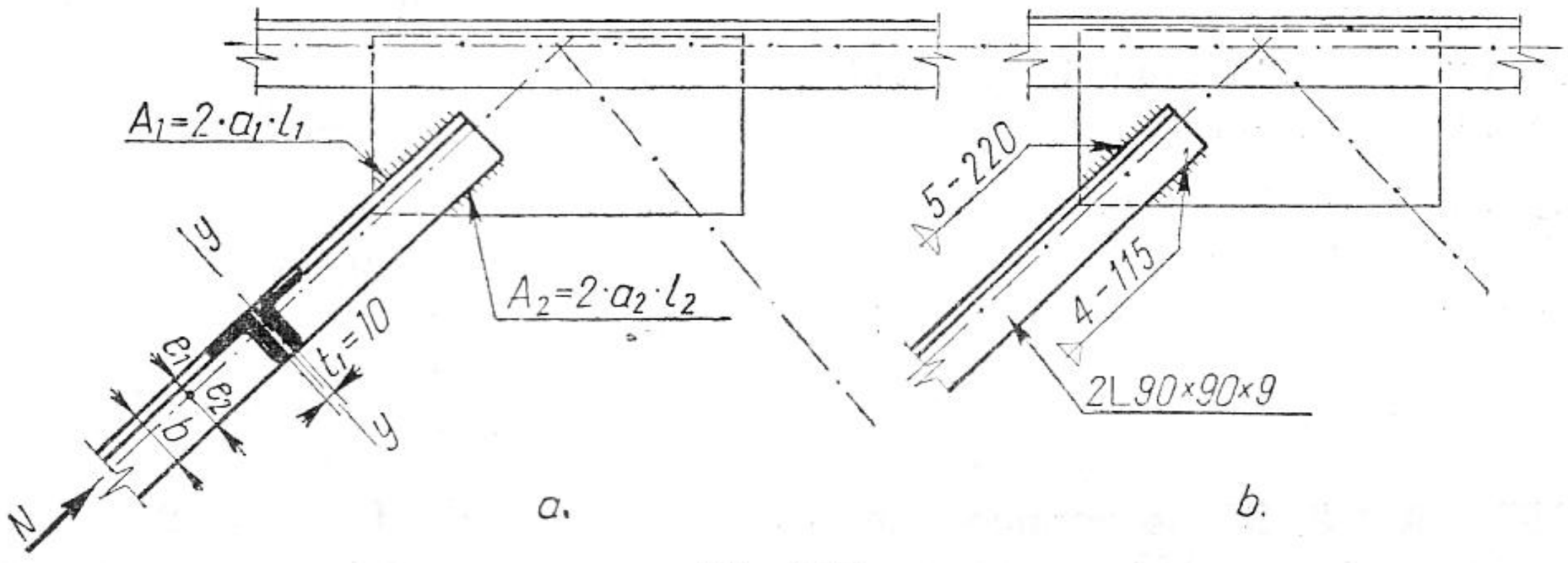


Fig. 8.21.

Rezolvare

1. Stabilește caracteristicile secțiunii barei (anexa 2, tabelele 2.5, 2.21)

i_x; i_y;
A; e_1.

1.

$i_x = 2{,}74$ cm; $i_y = 4{,}09$ cm;
$A = 31$ cm^2; $e_1 = 2{,}54$ cm.

2. Calculează zvelteța maximă a barei:

$$\lambda_x = \frac{l_{fx}}{i_x};$$

$$\lambda_y = \frac{l_{fy}}{i_y};$$

$$\lambda_{max} = max(\lambda_x, \lambda_y).$$

2.

$$\lambda_x = \frac{256}{2{,}74} = 94;$$

$$\lambda_y = \frac{320}{4{,}08} = 79;$$

$$\lambda_{max} = 94.$$

3. Stabilește φ în funcție de λ_{max} (anexa 3, tabelul 3.39, curba C).

3.

$$\varphi = 0{,}531.$$

4. Calculează efortul capabil al barei:

$$N_{cap} = \varphi \cdot A \cdot R.$$

4.

$$N_{cap} = 0{,}531 \cdot 31 \cdot 10^2 \cdot 220 = 362{,}14 \cdot 10^3 \text{ N}.$$

5. Calculează ariile A_1, A_2 (fig. 8.21, *a*):

$$A_1 = \frac{N}{R_f^s} \cdot \frac{e_2}{b};$$

$$A_2 = \frac{N}{R_f^s} \cdot \frac{e_1}{b}$$

6. Stabilește a_1, a_2 (anexa 2, tabelul 2.43):

$$3 \text{ mm} \leqslant a_1 \leqslant (0{,}7\ t_1;\ 0{,}85\ t);$$

$$3 \text{ mm} \leqslant a_2 \leqslant (0{,}7\ t_1;\ 0{,}7\ t).$$

în care t este grosimea aripii cornierului.

7. Stabilește lungimile de calcul ale cordoanelor:

$$l_1 = \frac{A_1}{2a_1};$$

$$l_2 = \frac{A_2}{2a_2}.$$

8. Verifică încadrarea între limite a lungimilor l_1; l_2:

$$(40;\ 15\ a;\ b) \leqslant l \leqslant 60\ a.$$

9. Stabilește lungimile efective ale cordoanelor de sudură:

$$l_{1s} = l_1 + 2\,a_1;$$

$$l_{2s} = l_2 + 2\,a_2.$$

10. Alcătuiește îmbinarea cu sudură.

5.

$$A_1 = \frac{362{,}14 \cdot 10^3}{150} \cdot \frac{64{,}6}{90} = 1\,733 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \frac{362{,}14 \cdot 10^3}{150} \cdot \frac{25{,}4}{90} = 682 \text{ mm}^2.$$

6.

$$3 \leqslant a_1 \leqslant (7;\ 7{,}6);$$

$$3 \leqslant a_2 \leqslant (7;\ 6{,}3);$$

se propune:

$$a_1 = 5 \text{ mm};\ a_2 = 4 \text{ mm}.$$

7.

$$l_1 = \frac{1\,733}{2 \cdot 5} = 173{,}3 \text{ mm};$$

$$l_2 = \frac{682}{2 \cdot 4} = 85{,}3 \text{ mm}.$$

8.

$$(40;\ 75;\ 90) \leqslant l \leqslant 300$$

l_1 și l_2 îndeplinesc această condiție.

9.

$$l_{1s} = 173{,}3 + 2 \cdot 5 = 183{,}3 \approx 185 \text{ mm};$$

$$l_{2s} = 85{,}3 + 2 \cdot 4 = 93{,}3 \approx 95 \text{ mm}.$$

10. Alcătuirea se face ca în figura 8.21, *b*.

APLICAȚIA 8.10. Să se verifice prinderea cu sudură din figura 8.22 cunoscînd: — forța P=34 kN; construcția este alcătuită din OL 37; verificarea se va face în varianta a (prinderea cu sudură în relief) și varianta b (prinderea cu sudură în adîncime).

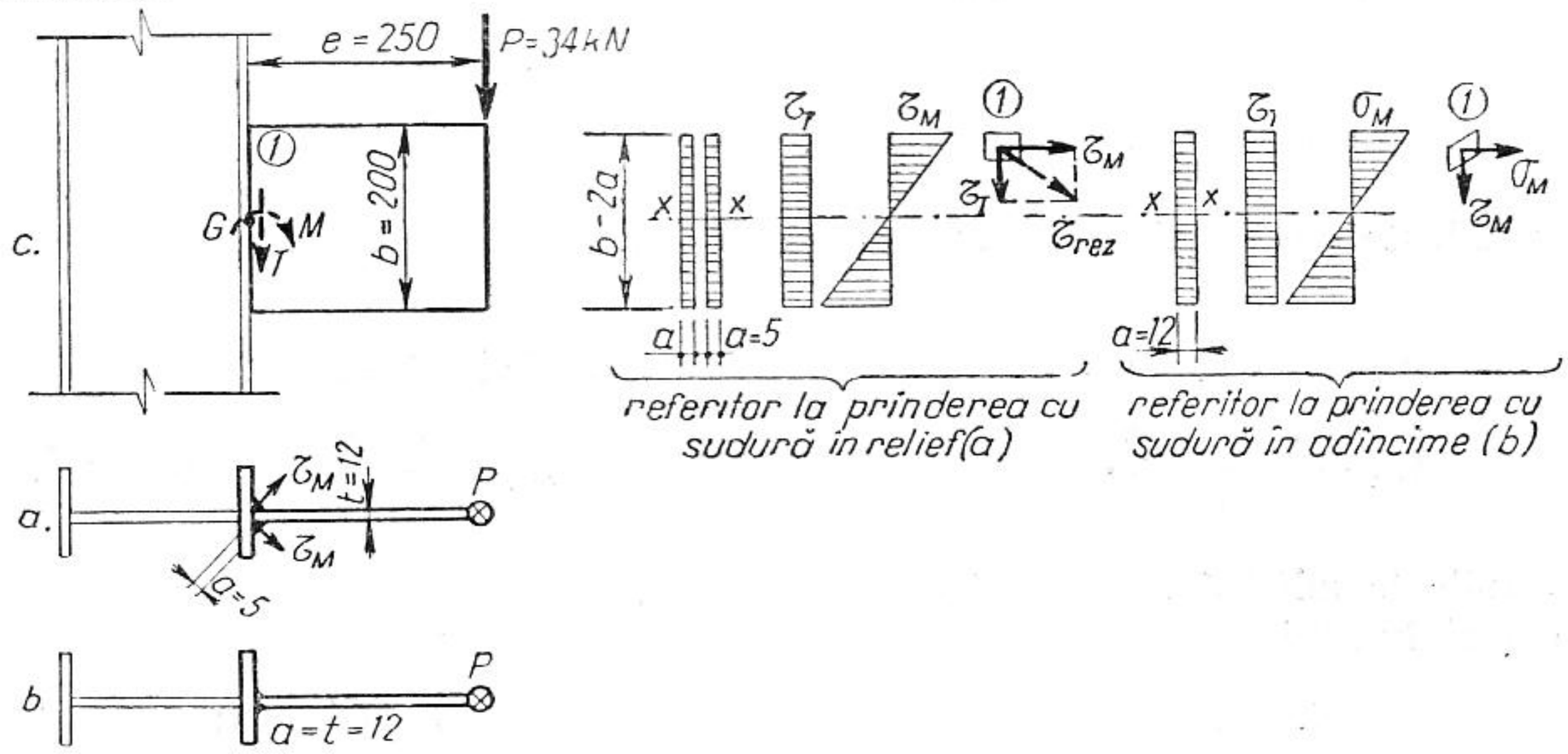


Fig. 8.22.

Rezolvare

Verificare în varianta a (fig. 8.22, *a*)

1. Stabilește caracteristicile geometrice ale cordoanelor de sudură:

$$a;$$

$$l=b-2a;$$

1.

$$a=5 \text{ mm};$$

$$l=200-2\cdot 5=190 \text{ mm}.$$

2. Stabilește caracteristicile îmbinării cu sudură:

$$A=2\cdot a(b-2a);$$

$$W_x=2\cdot \frac{a\cdot(b-2a)^2}{6}.$$

2.

$$A=2\cdot 0{,}5\cdot(20-2\cdot 0{,}5)=19 \text{ cm}^2;$$

$$W=2\cdot \frac{0{,}5\cdot 19^2}{6}=60{,}17 \text{ cm}^3.$$

3. Stabilește solicitările în centrul de greutate al îmbinării:

$$T=P;$$

$$M=P\cdot e.$$

3.

$$T=34 \text{ kN};$$

$$M=34\cdot 25=850 \text{ kN cm}.$$

4. Calculează tensiunile în sudură:

$$\tau_T=\frac{T}{A};$$

$$\tau_M=\frac{M}{W_x};$$

$$\tau_{rez}=\sqrt{\tau_M^2+\tau_T^2}\leqslant R_f^s$$

4.

$$\tau_T=\frac{34\cdot 10^3}{19\cdot 10^2}=17{,}9 \text{ N/mm}^2;$$

$$\tau_M=\frac{850\cdot 10^4}{60{,}17\cdot 10^3}=141{,}3 \text{ N/mm}^2;$$

$$\tau_{rez}=\sqrt{141{,}3^2+17{,}9^2}=142{,}4 \text{ N/mm}^2$$

$$R_f^s=150 \text{ N/mm}^2.$$

Verificare în varianta b (fig. 8.22, *b*)

1. Stabilește caracteristicile geometrice ale cordoanelor de sudură:

$$a=t;$$

$$l=b-2a.$$

1.

$$a=t=1{,}2 \text{ mm};$$

$$l=20-2\cdot 1{,}2=17{,}6 \text{ cm}.$$

2. Stabilește caracteristicile îmbinării:

$$A=a\cdot(b-2a);$$

$$W_x=\frac{a\cdot(b-2a)^2}{6}.$$

2.

$$A=1{,}2\cdot 17{,}6=21{,}12 \text{ cm}^2;$$

$$W_x=\frac{1{,}2\cdot 17{,}6^2}{6}=62 \text{ cm}^3.$$

3. Stabilește solicitările în centrul de greutate al îmbinării:

$$T=P;$$

$$M=P\cdot e.$$

3.

$$T=34 \text{ kN};$$

$$M=34\cdot 25=850 \text{ kN cm}.$$

4. Calculează eforturile unitare în sudură:

$$\tau_T = \frac{T}{A} \leqslant R_f^s;$$

$$\sigma_M = \frac{M}{W_x} \leqslant R_i^s;$$

$$\sigma_{ech} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leqslant R_i^s$$

în care R_f^s și R_i^s rezultă din anexa 3, tabelul 3.9.

4.

$$\tau_T = \frac{34 \cdot 10^3}{21{,}12 \cdot 10^2} = 16{,}1 \text{ N/mm}^2 < R_f^s;$$

$$\sigma_M = \frac{850 \cdot 10^4}{62 \cdot 10^3} = 137{,}1 \text{ N/mm}^2 < R_i^s;$$

$$\sigma_{ech} = \sqrt{137{,}1^2 + 3 \cdot 16{,}1^2} = 139{,}9 \text{ N/mm}^2;$$

$R_f^s = 130$ N/mm^2, $R_i^s = 170$ N/mm^2.

APLICAȚIA 8.11. Să se calculeze prinderea cu sudură a unei plăcuțe de un profil laminat U (fig. 8.23, a) cunoscînd:

— încărcarea P=70 kN; construcția este alcătuită din OL 37; secțiunea plăcuței 8×210 se consideră calculată.

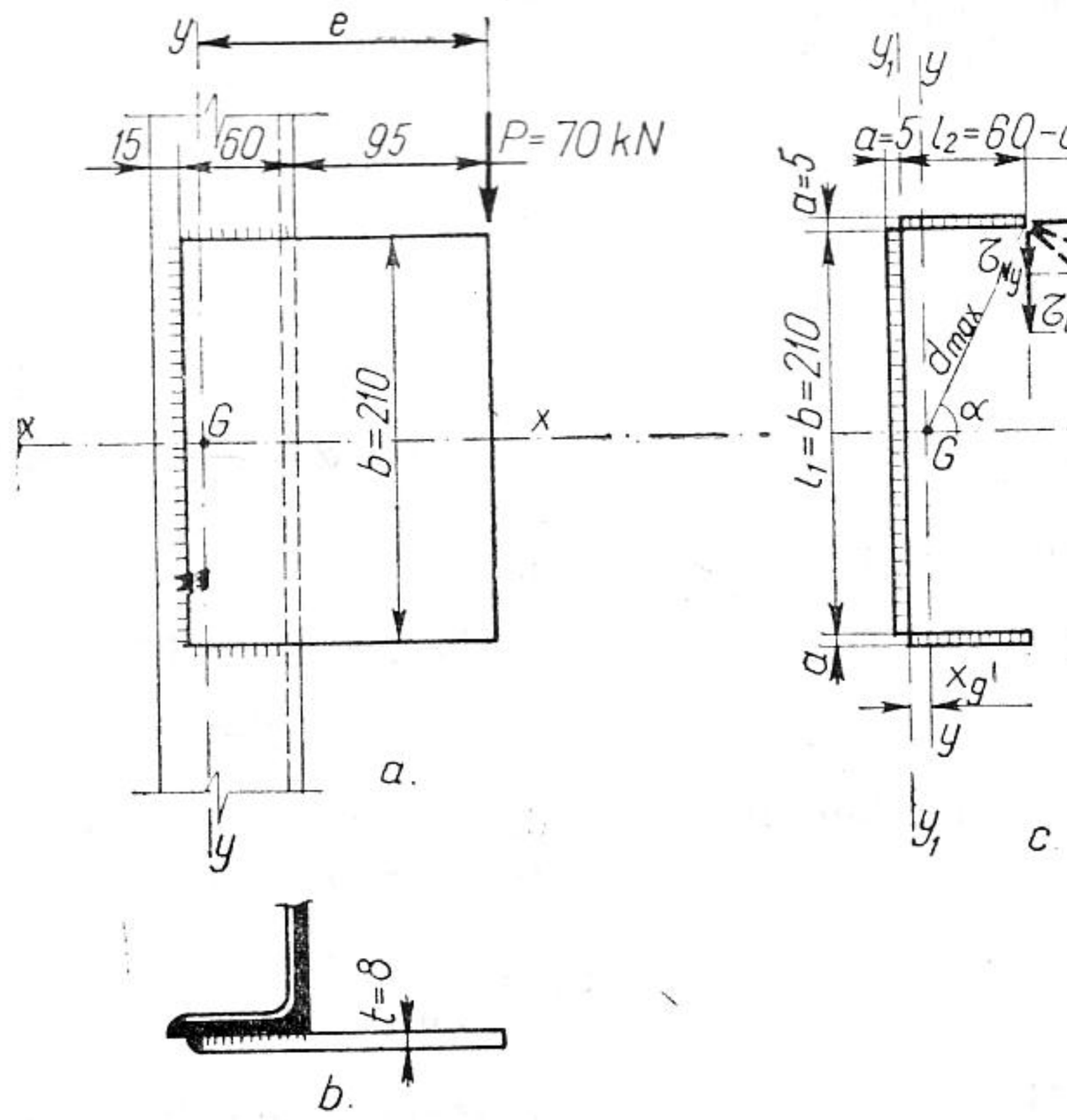


Fig. 8.23.

Rezolvare

1. Stabilește caracteristicile geometrice ale cordoanelor de sudură (fig. 8.23, *c*)

$$a \leqslant 0{,}7\ t_{min};$$

l_1;

l_2.

1.

$$a \leqslant 0{,}7 \cdot 8 = 5{,}6 \text{ mm};$$

se propune $a = 5$ mm;

$l_1 = b = 210$ mm;

$l_2 = 60 - a = 55$ mm.

2. Calculează centrul de greutate al îmbinării cu sudură față de axa $y_1 - y_1$:

$$x_G = \frac{\Sigma(A_i x_i)}{\Sigma A_i};$$

2.

$$x_G = \frac{-5 \cdot 210 \cdot 2{,}5 + 2 \cdot 55 \cdot 5 \cdot 27{,}5}{5 \cdot 210 + 2 \cdot 5 \cdot 55} = 8 \text{ mm}.$$

3. Calculează caracteristicile îmbinării: A; I_x; I_y.

3.

$$A = 0{,}5 \cdot 21 + 2 \cdot 0{,}5 \cdot 5{,}5 = 16 \text{ cm}^2;$$

$$I_x = \frac{0{,}5 \cdot 21^3}{12} + 2 \cdot 0{,}5 \cdot 5{,}5 \cdot 10{,}75^2 =$$

$$= 1\,024 \text{ cm}^4;$$

$$I_y = 0{,}5 \cdot 21 \cdot 1{,}05^2 + 2 \cdot \frac{0{,}5 \cdot 5{,}5^3}{12} +$$

$$+ 2 \cdot 0{,}5 \cdot 5{,}5 \cdot 1{,}95^2 = 46{,}35 \text{ cm}^4.$$

4. Calculează coordonata punctului de sudură cel mai depărtat de G (fig. 8.23, *c*)

4.

d_{max};

$$d_{max} = \sqrt{10{,}75^2 + 5{,}2^2} = 11{,}94 \text{ cm};$$

$\sin \alpha$;

$$\sin \alpha = \frac{10{,}75}{11{,}94} = 0{,}900;$$

$\cos \alpha$.

$$\cos \alpha = \frac{5{,}2}{11{,}94} = 0{,}436.$$

5. Stabilește solicitările în G:

5.

$$M = P \cdot e;$$

$$M = 70 \cdot 14{,}7 = 1\,029 \text{ kN cm};$$

$$T = P.$$

$$T = 70 \text{ kN}.$$

6. Calculează tensiunile maxime în sudură (fig. 8.23, *c*)

6.

$$\tau_M = \frac{M}{I_x + I_y} d_{max};$$

$$\tau_M = \frac{1\,029 \cdot 10^4}{1\,070{,}35 \cdot 10^3} \cdot 11{,}94 = 114{,}8 \text{ N/mm}^2;$$

$$\tau_{xM} = \tau_M \sin \alpha;$$

$$\tau_{xM} = 114{,}8 \cdot 0{,}900 = 103{,}3 \text{ N/mm}^2;$$

$$\tau_{yM} = \tau_M \cos \alpha;$$

$$\tau_{yM} = 114{,}8 \cdot 0{,}436 = 50 \text{ N/mm}^2;$$

$$\tau_{yP} = \frac{P}{A_s};$$

$$\tau_{yP} = \frac{70 \cdot 10^3}{16 \cdot 10^2} = 43{,}8 \text{ N/mm}^2;$$

$$\tau_{rez} = \sqrt{\tau_{xM}^2 + (\tau_{yM} + \tau_{yP})^2} \leqslant R_f^s$$

$$\tau_{rez} = \sqrt{103{,}3^2 + (50 + 43{,}8)^2} =$$

$$= 139{,}6 \text{ N/mm}^2;$$

$$R_f^s = 150 \text{ N/mm}^2.$$

APLICAȚIA 8.12. Să se calculeze prinderea cu sudură în relief a consolei din figura 8.24, cunoscînd: forța P=520 kN; construcția este alcătuită din OL 37.

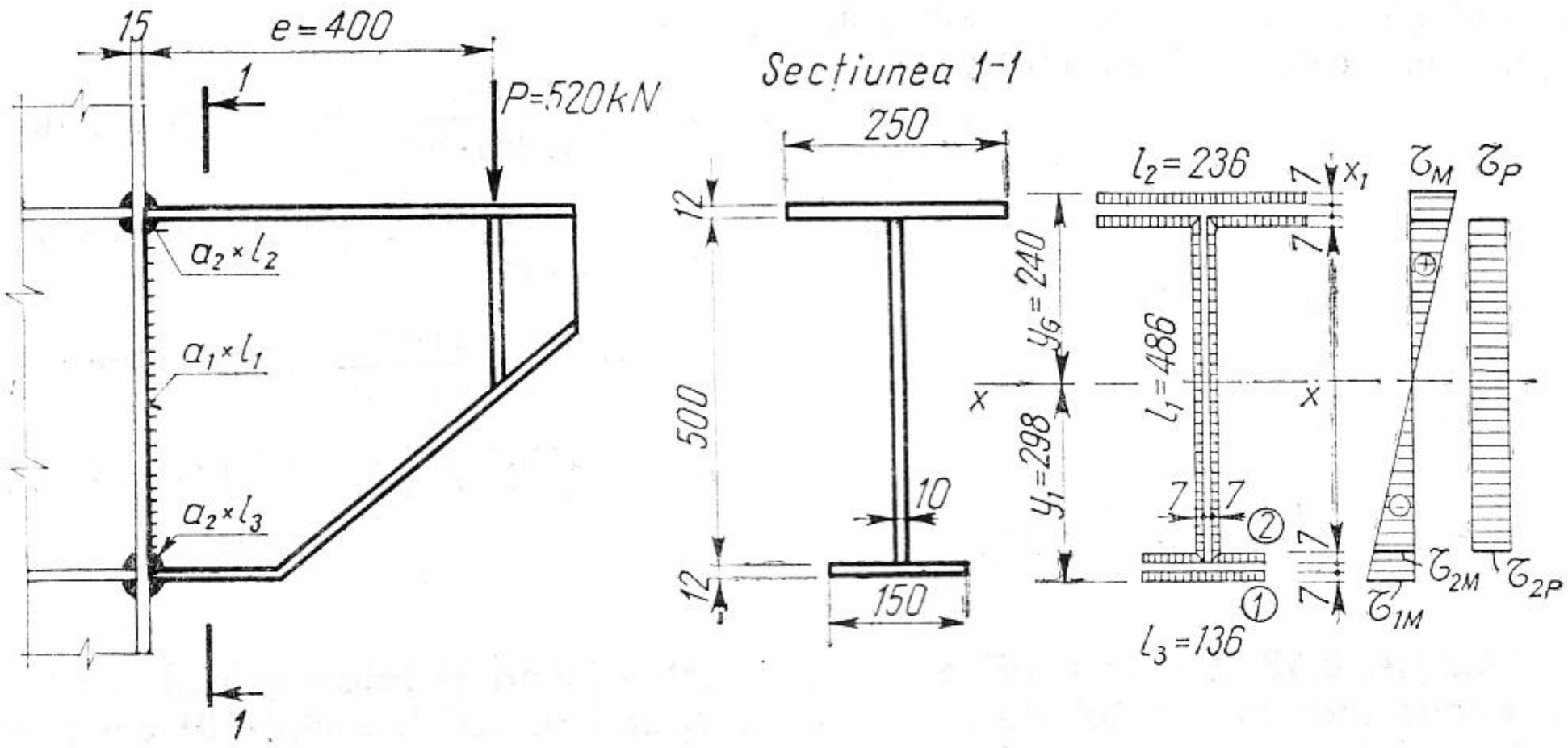


Fig. 8.24.

Rezolvare

1. Stabilește caracteristicile geometrice ale cordoanelor de sudură:

$a \leqslant 0{,}7\ t_{min}$

1.

$a_1 \leqslant 0{,}7 \cdot 10 = 7$ mm;

$a_2 \leqslant 0{,}7 \cdot 12 = 8{,}4$ mm;

se propune $a_1 = a_2 = 7$ mm.

$l_1; \ l_2; \ l_3.$

$l_1 = 500 - 2a_1 = 486$ mm;

$l_2 = 250 - 2a_2 = 236$ mm;

$l_3 = 150 - 2a_2 = 136$ mm.

2. Calculează centrul de greutate al îmbinării, față de axa $x_1 - x_1$ (fig. 8.24, *c*):

$$y_G = \frac{\Sigma(A_i y_i)}{A_i}.$$

2.

$y_G = \ldots = 240$ mm.

3. Calculează caracteristicile îmbinării cu sudură:

A_{si} (aria sudurii inimii);

I_x^s (momentul de inerție al întregii suduri).

3.

$A_{si} = 2 \cdot 0{,}7 \cdot 48{,}6 = 68{,}1$ cm^2;

$I_x^s = \ldots = 45\,430$ cm^4.

4. Stabilește solicitările în centrul de greutate al îmbinării:

$M = P \cdot e;$

$T = P.$

4.

$M = 520 \cdot 40 = 20{,}8 \cdot 10^3$ kNcm;

$T = 520$ kN.

5. Calculează tensiunile în sudură, în punctele cele mai solicitate:

$$\tau_{1M}=\frac{M}{I_x}\cdot y_1\leqslant R_f^s;$$

$$\tau_{2M}=\frac{M}{I_x}\cdot y_2;$$

$$\tau_{2P}=\frac{T}{A_{si}};$$

$$\tau_{2rez}=\sqrt{\tau_{2M}^2+\tau_{2P}^2}\leqslant R_f^s.$$

5.

$$\tau_{1M}=\frac{20{,}8\cdot10^7}{45\,430\cdot10^4}\cdot29{,}8=136{,}4\ \text{N/mm}^2;$$

$$\tau_{2M}=\frac{20{,}8\cdot10^7}{45\,430\cdot10^4}\cdot27{,}9=127{,}7\ \text{N/mm}^2;$$

$$\tau_{2P}=\frac{520\cdot10^3}{68{,}1\cdot10^2}=76{,}4\ \text{N/mm}^2;$$

$$\tau_{2rez}=\sqrt{127{,}7^2+76{,}4^2}=148{,}8\ \text{N/mm}^2;$$

$R_f^s=150\ \text{N/mm}^2.$

APLICAȚIA 8.13. Să se verifice legătura între inima și talpa grinzii din figura 8.25, cunoscînd: momentul de inerție al secțiunii grinzii $I_x=48{,}2\cdot10^4$ cm^4; legătura între inimă și talpă se face cu sudură în relief (fig. 8.25, b), grosimea sudurii fiind a=7 mm; forța P=550 kN, T=1 200 kN (fig. 8.25, a).

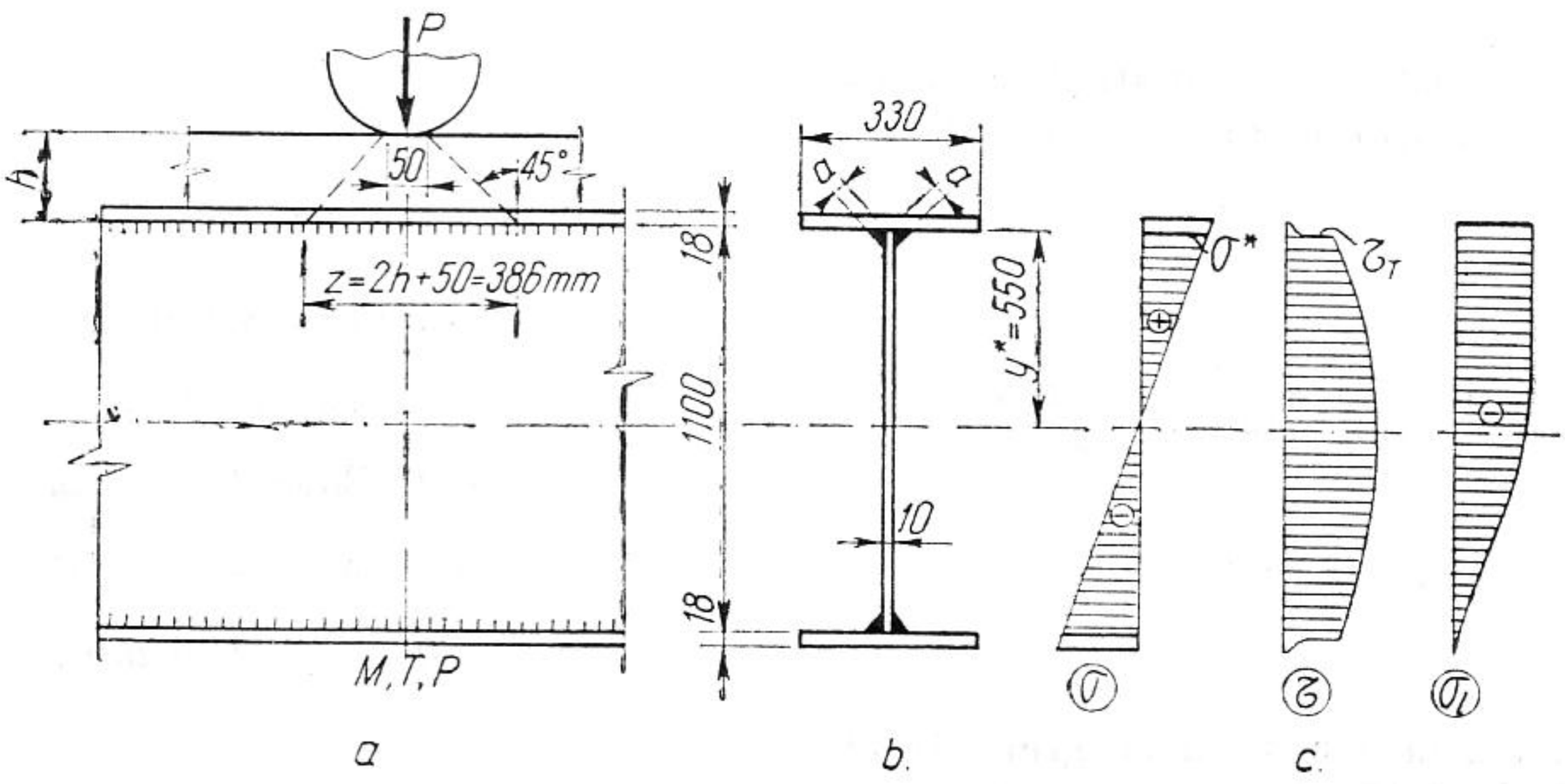


Fig. 8.25.

Rezolvare

1. Calculează tensiunea tangențială dată de T în sudură:

$$\tau_T=\frac{TS}{2aI_x}.$$

1.

$$\tau_T=\frac{1\,200\cdot10^3\cdot3\,320\cdot10^3}{2\cdot7\cdot48{,}2\cdot10^8}=59\ \text{N/mm}^2;$$

$$S=1{,}8\cdot33\cdot55{,}9=3\,330\ \text{cm}^3.$$

2. Calculează efortul unitar tangențial dat de P în sudură:

$$\tau_P=\frac{P}{2az}.$$

2.

$$\tau_P=\frac{550\cdot10^3}{2\cdot7\cdot386}=101{,}8\ \text{N/mm}^2.$$

3. Verifică efortul unitar tangențial rezultant:

$$\tau_{rez}=\sqrt{\tau_T^2+\tau_P^2}\leqslant R_f^s.$$

3.

$$\tau_{rez}=\sqrt{59^2+101{,}8^2}=117{,}7\ \text{N/mm}^2;$$

$R_f^s=150\ \text{N/mm}^2.$

APLICAȚIA 8.14. Să se verifice prinderea cu sudură a unui guseu de talpă superioară a unei grinzi cu zăbrele (fig. 8.26, a), cunoscînd: înclinarea tălpii superioare față de orizontală, $\alpha=15°$; eforturile axiale S_2, S_3 și forța gravitațională P au valorile din figura 8.26, a; dimensiunile guseului au rezultat din condiția de prindere a diagonalelor; construcția este alcătuită din OL 37.

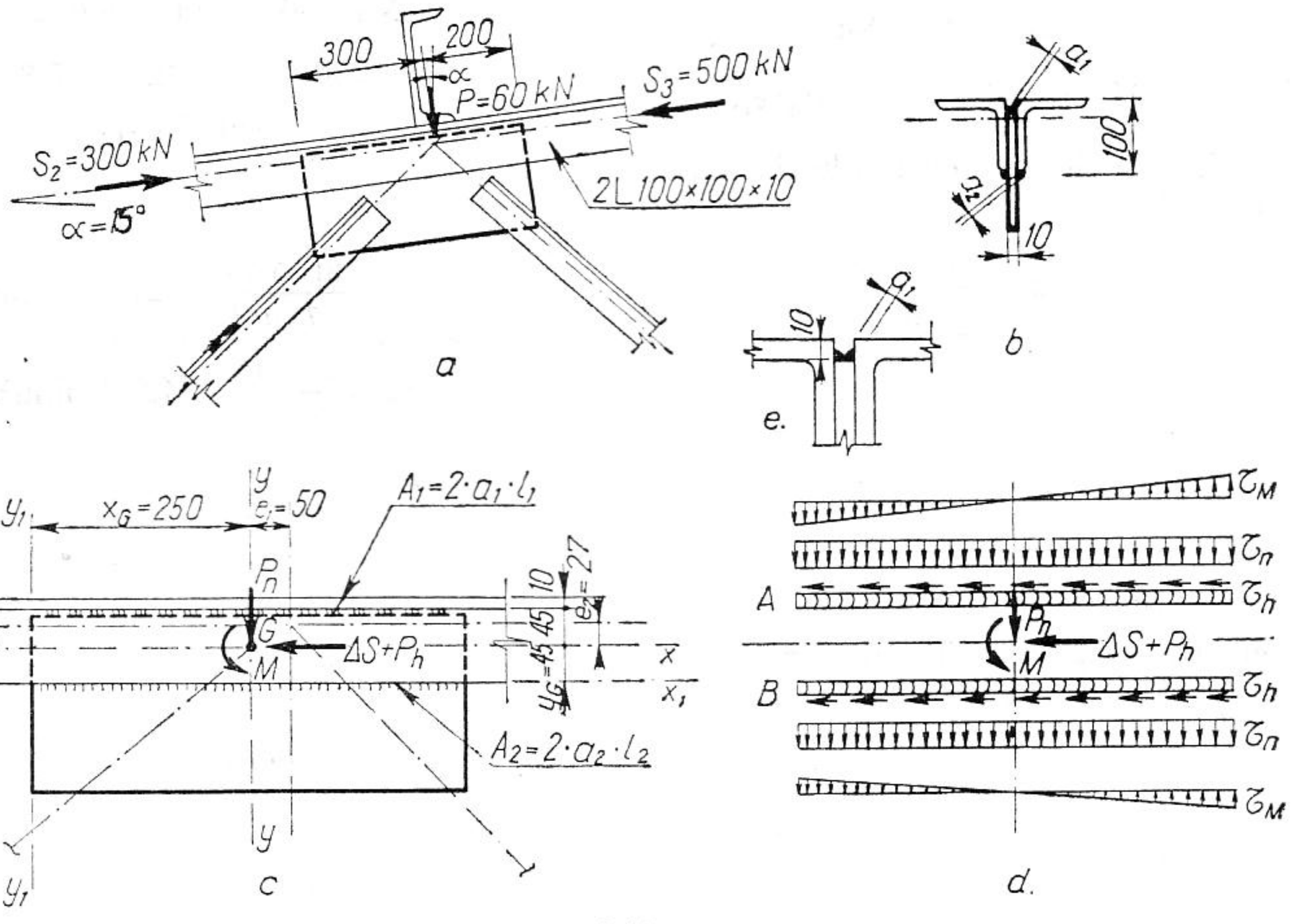


Fig. 8.26.

Rezolvare

1. Stabilește caracteristicile geometrice ale cordoanelor de sudură (fig. 8.26, *b*, *c*):

$$a \leqslant 0{,}7\ t_{min}$$

$$l = l_s - 2a$$

2. Calculează centrul de greutate al îmbinării (fig. 8.26, *c*)

$x_G = \frac{\Sigma(A_i x_i)}{A_t}$ (față de axa $y_1 - y_1$);

$y_G = \frac{\Sigma(A_i y_i)}{A_t}$ (față de axa $x_1 - x_1$).

3. Calculează caracteristicile îmbinării:

$$A = 4 \cdot a \cdot l;$$

$$W_y = 4\,\frac{a \cdot l^2}{6},$$

1. Se propune:

$$a_1 = a_2 = a = 4 \text{ mm};$$

$$l_1 = l_2 = 500 - 2 \cdot 4 = 492 \text{ mm}.$$

2. În cazul de față, datorită simetriei, se obține:

$$x_G = 250 \text{ mm};$$

$$y_G = 45 \text{ mm}.$$

3.

$$A = 4 \cdot 0{,}4 \cdot 49{,}2 = 79 \text{ cm}^2;$$

$$W_y = 4 \cdot \frac{0{,}4 \cdot 49{,}2^2}{6} = 645 \text{ cm}^3.$$

4. Calculează solicitările în centrul de greutate al îmbinării (fig. 8.26, *c*):

$$P_n = P \cdot \cos \alpha;$$

$$P_h = P \cdot \sin \alpha;$$

$$\Delta S = S_3 - S_2;$$

$$M = (\Delta S + P_h) \cdot e_2 - P_n \cdot e_1.$$

5. Calculează tensiunile în sudură (fig. 8.26, *c*):

$$\tau_h = \frac{\Delta S + P_h}{A};$$

$$\tau_n = \frac{P_n}{A};$$

$$\tau_M^{max} = \frac{M}{W_y};$$

$$\tau_{rez} = \sqrt{\tau_h^2 + (\tau_n + \tau_M^{max})^2} \leqslant R_f^s;$$

efortul τ_{rez} se realizează în punctele extreme: A, B.

4.

$$P_n = 60 \cdot 0{,}963 = 57{,}8 \text{ kN};$$

$$P_h = 60 \cdot 0{,}258 = 15{,}5 \text{ kN};$$

$$\Delta S = 500 - 300 = 200 \text{ kN};$$

$$M = (200 + 15{,}5) \cdot 2{,}7 - 57{,}8 \cdot 5 =$$

$$= 292 \text{ kNcm}.$$

5.

$$\tau_h = \frac{215{,}5 \cdot 10^3}{79 \cdot 10^2} = 27{,}3 \text{ N/mm}^2;$$

$$\tau_n = \frac{57{,}8 \cdot 10^3}{79 \cdot 10^2} = 4{,}6 \text{ N/mm}^2;$$

$$\tau_M^{max} = \frac{292 \cdot 10^4}{645 \cdot 10^3} = 4{,}5 \text{ N/mm}^2;$$

$$\tau_{rez} = \sqrt{27{,}3^2 + (4{,}6 + 4{,}5)^2} = 28{,}8 \text{ N/mm}^2;$$

$$R_f^s = 150 \text{ N/mm}^2.$$

ANEXA 1

OȚELURI FOLOSITE ÎN CONSTRUCȚII METALICE

Tabelul 1.1

Oțeluri de uz general pentru construcții; caracteristici garantate la livrare (STAS 500/1-78)

Nr. crt.	Caracteristici garantate	Clasa de calitate					
		1	1*a*	1*b*	2	3	4
1	Compoziția chimică pe oțel lichid	x	x		x	x	x
2	Caracteristici la tracțiune	x		x	x	x	x
3	Unghiul de îndoire la rece pe dorn	x		x	x	x	x
4	Energia de rupere kV la temperatura de: +20°C				x		
	0°C					x	
	−20°C						x

Tabelul 1.2

Oțeluri de uz general pentru construcții; stări de livrare (STAS 500/1-78)

Clasa de calitate	Produse laminate		Bare forjate
	Profile pline și fasonate	**Table și benzi peste 4 mm**	
1, 1*a*, 1*b* și 2	În stare laminată sau, la înțelegere între părți, în stare recoaptă sau normalizată		În stare recoaptă sau normalizată conform înțelegerii între părți
3	În stare laminată sau la înțelegere între părți, în stare normalizată	În stare normalizată	
4	În stare normalizată		

Tabelul 1.3

Oțeluri de uz general pentru construcții; mărci, clase de calitate, grad de dezoxidare, energia minimă de rupere (STAS 500/2-80)

Marca oțelului	Clasa de calitate	Gradul de dezoxidare	Energia minimă de rupere	
			Temperatura, °C	KV, J (kgf·m)
1)		2)		3)
OL 32	1; 1*a*; 1*b*	—	—	—
OL 34	1; 1*a*; 1*b*	—	—	—
OL 37	1; 1*a*; 1*b*	—	—	—
	2	—	+20	27(2,8)
	3	k; kf	0	27(2,8)
	4	kf	−20	27(2,8)
OL 44	2	k	+20	27(2,8)
	3	k; kf	0	27(2,8)
	4	kf	−20	27(2,8)
OL 52	2	k	+20	27(2,8)
	3	k; kf	0	27(2,8)
	4	kf	−20	27(2,8)
OL 50	1; 1*a*; 1*b*	k	—	—
OL 60	1; 1*a*; 1*b*	k	—	—
OL 70	1; 1*a*; 1*b*	k	—	—
OL 30	—	—	—	—

Observații:

1. *Notarea mărcilor de oțel* de uz general se face prin simbolul OL urmat de două cifre care reprezintă valoarea rezistenței minime la rupere la tracțiune (exprimată în kgf/mm²), cu excepția mărcii OL 00, clasa de calitate, gradul de dezoxidare, numărul standardului; clasa de calitate 1 nu se simbolizează.

Exemple de notare:

Oțel de uz general, cu rezistența minimă la rupere la tracțiune de 360 N/mm² (37 kgf/mm²), clasa de calitate 3, calmat, se notează: OL 37.3k.STAS 500/2-80.

Oţel de uz general cu rezistenţa minimă la rupere la tracţiune de 490 N/mm² (50 daN/mm²), clasa de calitate 1, se notează: OL 50.STAS 500/2-80.

Oţel de uz general cu rezistenţa minimă la rupere la tracţiune de 490 N/mm² (50 daN/mm²), clasa de calitate 1b, se notează: OL 50.1b.STAS 500/2-80.

2. *Semnificaţia simbolurilor* este următoarea:

k — calmat; kf — calmat suplimentar cu aluminiu.

Oţelurile la care gradul de dezoxidare nu este indicat, în funcţie de posibilităţile producătorului de a asigura caracteristicile mecanice, pot fi livrate necalmate (n), semicalmate (s) sau calmate (k); în mod obişnuit aceste oţeluri se livrează necalmate (pentru profilele pline şi fasonate din marca OL 37.2, această prevedere se referă la produsele pînă la 16 mm inclusiv); la cererea beneficiarului şi cu acordul producătorului ele pot fi livrate semicalmate sau calmate.

3. Valoarea garantată a energiei de rupere KV de 27 J (2,8 kgf·m) se referă la epruvete longitudinale cu secţiunea de 10×10 mm prelevate din produse cu diametrul sau grosimea pînă la 100 mm.

La produse cu grosimi de 6 . . . 12 mm, valorile energiei KV, determinate pe epruvete cu secţiunea 5×10 mm sau 7,5×10 mm, se stabilesc la înţelegere între părţi.

Tabelul 1.4

Oţeluri de uz general pentru construcţii; caracteristici mecanice (STAS 500/2-80)

Marca oţelului	Clasa de calitate	Caracteristici mecanice la tracţiune						
		Limita de curgere minimă R_{eH} ($R_{po,2}$), N/mm² (kgf/mm²)			Rezistenţa la tracţiune R_m, N/mm² (kgf/mm²)	Alungirea minimă la rupere, A% pentru $L_0 = 5{,}65\sqrt{S_0}$	Diametrul dornului la îndoire la rece, la 180°	
		1			2	3	4	
		pentru produse cu grosimea sau diametrul a, mm						
		$a \leqslant 16$	$16 < a \leqslant 40$	$40 < a \leqslant 100$	$a \leqslant 100$	—	$a \leqslant 16$	$a > 16$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
OL 32	1; 1*a*;	180 (18)	170 (17)	160 (16)	310...390 (32...40)	33	*a*	1,5*a*
OL 34	1; 1*a*; 1*b*	210 (21)	200 (20)	190 (19)	330...410 (34...42)	31	*a*	1,5*a*
OL 37	1; 1*a*; 1*b*;	240	230	210	360...440	25	*a*	1,5*a*
	2; 3; 4	(24)	(23)	(21)	(37...45)	26		
OL 44	2	280	270	250	430...540	22	2*a*	2,5*a*
	3; 4	(29)	(28)	(26)	(44...55)	25		
OL 52	2	350	340	330	510...630	21	2,5*a*	3*a*
	3; 4	(36)	(35)	(34)	(52...64)	22		
OL 50	1; 1*a*; 1*b*	290 (30)	280 (29)	270 (28)	490...610 (50...62)	21	—	—
OL 60	1; 1*a*; 1*b*	330 (34)	320 (33)	310 (32)	590...710 (60...72)	16	—	—
OL 70	1; 1*a*; 1*b*	360 (37)	350 (36)	340 (35)	min 690 (min 70)	11	—	—
OL 30	—	—	—	—	min 310 (min 32)	20	3*a*	3,5*a*

Observații:

1. La înțelegere între părți, limita de curgere poate fi garantată și pentru dimensiuni peste cele prevăzute în tabel, valorile urmînd a fi stabilite de comun acord, ca o condiție suplimentară de livrare.

2. Depășirea limitelor superioare ale rezistențelor la tracțiune cu maximum 20 N/mm² (2 kgf/mm²) nu constituie motiv de refuz dacă sînt îndeplinite toate celelalte caracteristici din standard.

3. Valorile alungirii sînt garantate în anumite condiții de grosime și tip de produs (v. STAS 500/2-80).

4. Pentru table și benzi cu grosimi sub 10 mm, din OL 32, îndoirea se va executa fără dorn, iar pentru cele din OL 34 diametrul dornului va fi $d=0{,}5a$; la produse cu grosimi peste 16 mm, cu excepția tablelor și benzilor, încercarea la îndoire nu se execută.

5. Valorile din tabel sînt garantate pentru stările de livrare din tabelul 1.2.

Tabelul 1.5

Oțeluri de uz general pentru construcții rezistente la coroziune; mărci, clase de calitate, caracteristici mecanice (STAS 500/3-80)

Marca oțelului	Clasa de calitate	Limita de curgere minimă R_{eH}, N/mm² (kgf/mm²)	Rezistența la tracțiune R_m, N/mm² (kgf/mm²)	Alungirea minimă la rupere $A\%$, pentru $L_0=5{,}65\sqrt{S_0}$	Diametrul dornului la îndoire, la rece la 180°	Energia minimă de rupere	
						Temperatura, °C	KV, J(kgf.m)
1				2			3
RCA 37	1; 1a; 1b	240 (24)	360...440 (37...45)	25	2a	—	—
	2			25		+20	27(2,8)
	3			26		0	27(2,8)
RCB 52	2	350(36)	510...610 (52...62)	21	2,5a	+20	27(2,8)
	3			22		0	27(2,8)
	4			22		−20	27(2,8)

Observații:

1. Produsele din mărcile de oțel RCA 37 se fabrică cu grosimi sau diametre pînă la 12 mm; produsele din oțel RCB 52, cu acordul beneficiarului, se pot livra cu grosimi pînă la 20 mm. Notarea mărcilor de oțel de uz general, rezistente la coroziune atmosferică (prescurtat, RC) se face prin simbolul RCA pentru oțelul cu conținut de fosfor mai mare de 0,04% și prin simbolul RCB pentru oțelul cu un conținut de fosfor mai mic sau egal cu 0,04%; celelalte caracteristici se simbolizează potrivit observației 1) de la tabelul 1.3.

2. Valorile alungirii sînt garantate pentru profile pline, table și benzi cu grosimea peste 8 mm și pentru profile fasonate cu grosimea peste 6 mm, pe epruvete longitudinale. Pentru produse cu grosimi sub aceste valori, valorile alungirii se reduc cu cîte o unitate pentru fiecare milimetru de reducere a grosimii. Valorile alungirii pentru epruvete transversale sînt cu două unități mai mici.

3. Vezi observația 3) de la tabelul 1.3.

Tabelul 1.6

Table din oţel cu granulaţie fină pentru construcţii sudate; caracteristici garantate la livrare
(STAS 9021-80)

Nr. crt.	Caracteristici garantate	Clasa de calitate							
		3*a*	3*b*	4*a*	4*b*	5*a*	5*b*	6*a*	7*a*[1]
1	Compoziţia chimică pe oţel lichid	x	x	x	x	x	x	x	x
2	Caracteristici la tracţiune	x	x	x	x	x	x	x	x
3	Unghiul de îndoire la rece pe dorn	x	x	x	x	x	x	x	x
4	Rezistenţa K CU 300/2 pe direcţie transversală la temperatura de +20°C	x	x	x	x	x	x	x	x
5	Energia de rupere KV pe direcţia longitudinală la temperatura de:								
	0°C	x	x						
	−20°C			x	x				
	(−30°C)[2]					(x)	(x)		
	−40°C							x	
	−50°C								x
6	Limita de curgere la cald		x		x		x		
7	Unghiul minim de îndoire al epruvetei încărcate longitudinal cu sudură	x	x	x	x	x	x	x	x

Observaţii:

1. La cererea beneficiarului se poate garanta rezilienţa KCU 300/2 pe direcţia transversală la temperatura de −60°C.
2. Clasele de calitate din paranteze se vor evita pe cît posibil.

Tabelul 1.7

Table din oțel cu granulație fină pentru construcții sudate; mărci de oțel, clase de calitate, caracteristici mecanice (STAS 9021-80)

Marca oțelului	Clasa de calitate	Caracteristici mecanice la tracțiune						Diametrul dornului la îndoire la rece 180°
		Limita de curgere minimă R_{eH} N/mm² (kgf/mm²)			Rezistența la tracțiune R_m, N/mm² (kgf/mm²)	Alungirea minimă la rupere, $A\%$ pentru $L_0 = 5{,}65\sqrt{S_0}$		
		pentru table cu grosimea sau diametrul a, mm						
		$a \leqslant 16$	$16 < a \leqslant 40$	$40 < a \leqslant 100$	$a \leqslant 100$	$8 < a \leqslant 25$	$a \leqslant 16$	$a > 16$
OCS 44	5*a*; 5*b* 6*a*	285 (29)	255 (26)	215 (22)	430...540 (44...55)	23	2*a*	2,5*a*
OCS 52	5*a*; 5*b*; 6*a*; 7*a*	355 (36)	335 (34)	315 (32)	510...610 (52...62)	20	2,5*a*	3*a*
OCS 55	3*a*; 3*b* 4*a*; 4*b* 5*a*; 5*b*	420 (43)	410 (42)	365 (37)	540...680 (55...69)	19	3*a*	3,5*a*
OCS 58	3*a*; 3*b* 4*a*; 4*b* 5*a*; 5*b*	460 (47)	450 (46)	400 (41)	570...730 (58...74)	19	3,5*a*	4*a*

Observații:

— din oțeluri cu granulație fină se execută table cu grosimi peste 4 mm (inclusiv) pînă la 100 mm, laminate la cald:

— oțelurile cu granulație fină au caracteristici ridicate în ceea ce privește comportarea lor la sudare și sînt tenace la temperaturi scăzute.

Tabelul 1.8

Table din oțel cu granulație fină pentru construcții sudate; energia de rupere (STAS 9021-80)

Marca oțelului	Clasa de calitate	Energia minimă de rupere KV, J (kgf·m), la temperaturile:				
		0°C	—20°C	—30°C	—40°C	—50°C
OCS 44	5			28(2,8)		
	6				28(2,8)	
OCS 52	5			28(2,8)		
	6				28(2,8)	
	7					28(2,8)
OCS 55 și OCS 58	3	28(2,8)				
	4		28(2,8)			
	5			28(2,8)		

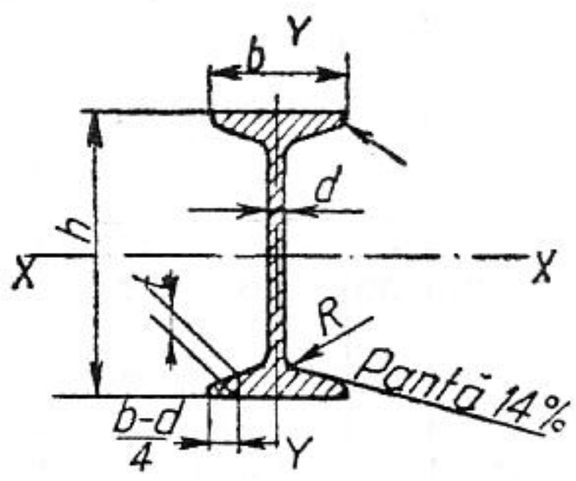
ANEXA 2

PRODUSE DIN OȚEL FOLOSITE ÎN CONSTRUCȚII METALICE; DIMENSIUNI, MASE, CARACTERISTICI GEOMETRICE

Tabelul 2.1

Oțel I laminat la cald

h — înălțimea profilului
d — grosimea inimii
R — raza de rotunjire interioară a tălpilor
r — raza de rotunjire a tălpilor la vîrf
I — momentul de inerție
W — modulul de rezistență
$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ — raza de giratie
} raportate la axa de încovoiere respectivă
S — momentul static al semisecțiunii
b — lățimea tălpilor
t — grosimea medie a tălpilor



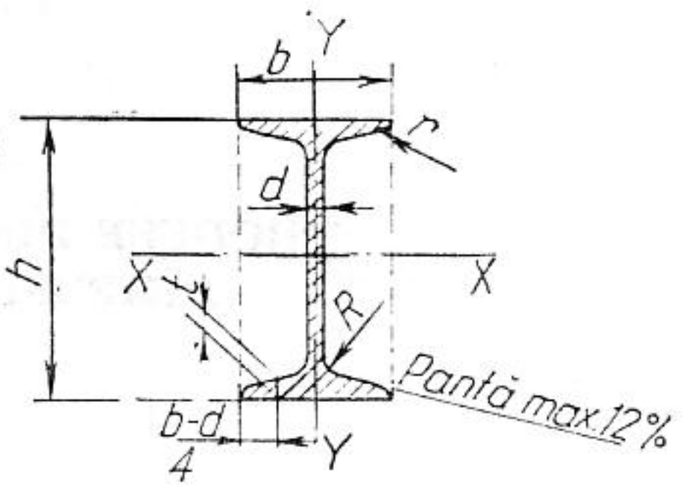
Denumirea profilului I	Dimensiuni, mm					Aria secțiunii A, cm²	Masa G, kg/m	Mărimi statice pentru axele de încovoiere						S_x, cm³
								$X-X$			$Y-Y$			
	h	b	t	$d=R$	r			I_x, cm⁴	W_x, cm³	i_x, cm	I_y, cm⁴	W_y, cm³	i_y, cm	
8	80	42	5,90	3,9	2,3	7,58	5,95	77,8	19,5	3,20	6,29	3,00	0,91	11,4
10	100	50	6,80	4,5	2,7	10,6	8,32	171	34,2	4,01	12,2	4,88	1,07	19,9
12	120	58	7,70	5,1	3,1	14,2	11,2	328	54,6	4,81	21,5	7,41	1,23	31,8
14	140	66	8,60	5,7	3,4	18,3	14,4	573	81,9	5,61	36,2	10,71	1,40	47,7
16	160	74	9,50	6,3	3,8	22,8	17,9	935	117	6,40	54,7	14,8	1,55	68,0
18	180	82	10,40	6,9	4,1	27,9	21,9	1 450	161	7,20	81,3	19,8	1,71	93,4
20	200	90	11,30	7,5	4,5	33,5	26,3	2 140	214	8,00	117	26,0	1,87	125
24	240	106	13,10	8,7	5,2	46,1	36,2	4 250	354	9,59	221	41,7	2,20	206
30	300	125	16,20	10,8	6,5	69,1	54,2	9 800	653	11,9	451	72,2	2,56	381
40	400	155	21,60	14,4	8,6	118,0	92,6	29 210	1 460	15,7	1 160	149,0	3,13	857

Observații:
— dimensiunile sînt extrase din STAS 565-80;
— se laminează din oțel OL 37, OL 42, OL 44 și OL 52 conform STAS 500/2-80;
— lungimi fixe: 6...12 m; peste 12 m, numai prin înțelegere specială;
— exemplu de notare, pentru un profil cu înălțimea de 200 mm: I 20

Oțel I economic laminat la cald

I_x — momentul de inerție
W — modulul de rezistență
$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ — raza de giratie
S — momentul static al semisecțiunii

} raportate la axa de încovoiere respectivă



Denumirea profilului IE	Dimensiuni, mm						Aria secțiunii A, cm²	Masa G, kg/m	Mărimi statice pentru axele de încovoiere						S_x cm³
									$X—X$			$Y—Y$			
	h	b	d	t	R	r			I_x, cm⁴	W_x, cm³	i_x, cm	I_y, cm⁴	W_y, cm³	i_y, cm	
10	100	55	4,5	7.2	7,0	2,5	12,0	9,46	198	39,7	4,06	17,9	6,49	1,22	23,0
12	120	64	4,8	7,3	7,5	3,0	14,7	11,5	350	58,4	4,88	27,9	8,72	1,38	33,7
14	140	73	4,9	7,5	8,0	3,0	17,4	13,7	572	81,7	5,73	41,9	11,5	1,55	46,8
16	160	81	5,0	7,8	8,5	3,5	20,2	15,9	873	109	6,57	58,6	14,5	1,70	62,3
18	180	90	5,1	8,1	9,0	3,5	23,4	18,4	1 290	143	7,42	82,6	18,4	1,88	81,4
20	200	100	5,2	8,4	9,5	4,0	26,8	21,0	1 840	184	8,28	115	23,1	2,07	104
22	220	110	5,4	8,7	10,0	4,0	30,6	24,0	2 550	232	9,13	157	28,6	2,27	131
24	240	115	5,6	9,5	10,5	4,0	34,8	27,3	3 460	289	9,97	198	34,5	2,37	163
27	270	125	6,0	9,8	11	4,5	40,2	31,5	5 010	371	11,2	260	41,5	2,54	210
30	300	135	6,5	10,2	12	5	46,5	36,5	7 080	472	12,3	337	49,9	2,69	268
33	330	140	7,0	11,2	13	5	53,8	42,2	9 840	597	13,5	419	59,9	2,79	339
36	360	145	7,5	12.3	14	6	61,9	48,6	13 380	743	14,7	516	71,1	2,89	423
40	400	155	8,0	13,0	15	6	71,4	56,1	18 930	947	16,3	666	85,9	3,05	540

Observații:

— dimensiunile sînt extrase din STAS 7550-66;

— se laminează, în mod obișnuit, din oțel OL 37; la înțelegere între părți se poate lamina și din alte mărci de oțel;

— lungimi fixe: 6...12 m; peste 12 m, numai prin înțelegere specială;

— exemplu de notare pentru un profil cu înălțimea de 200 mm: IE 20.

Tabelul 2.3

Oțel U laminat la cald

h — înălțimea profilului

t — grosimea medie a tălpilor

R — raza de rotunjire interioară a tălpilor

r — raza de rotunjire a tălpilor la vîrf

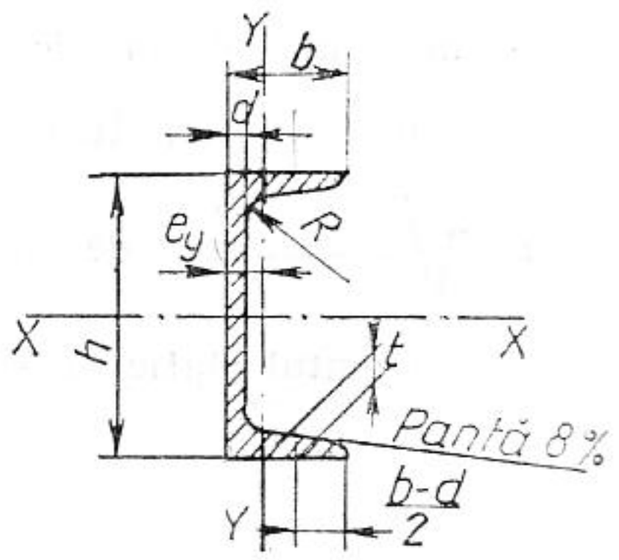
I — momentul de inerție
W — modulul de rezistență
$i=\sqrt{\frac{I}{A}}$ — raza de girație
} raportate la axa de încovoiere respectivă

S — momentul static al semisecțiunii

e_y — distanța axei $Y-Y$ de la marginea exterioară a inimii

b — lățimea tălpilor

d — grosimea inimii



Denumirea profilului U	Dimensiuni, mm						Aria secțiunii A, cm²	Masa G, kg/m	Mărimi statice pentru axele de încovoiere						S_x cm³	e_y, cm
									$X-X$			$Y-Y$				
	h	b	d	t	R	r			I_x, cm⁴	W_x, cm³	i_x, cm	I_y, cm⁴	W_y, cm³	i_y, cm		
6½	65	42	5,5	7,50	7,50	4,0	9,03	7,09	57,5	17,7	2,52	14,1	5,07	1,25	—	1,42
8	80	45	6,0	8,00	8,00	4,0	11,00	8,64	106	26,5	3,10	19,4	6,36	1,33	15,9	1,45
10	100	50	6,0	8,50	8,50	4,5	13,5	10,6	205	41,2	3,91	29,3	8,49	1,47	24,5	1,55
12	120	55	7,0	9,00	9,00	4,5	17,0	13,4	364	60,7	4,62	43,2	11,1	1,59	36,3	1,60
14	140	60	7,0	10,00	10,00	5,0	20,4	16,0	605	86,4	5,45	62,7	14,8	1,75	51,4	1,75
16	160	65	7,5	10,50	10,50	5,5	24,0	18,8	925	116	6,21	85,3	18,3	1,89	68,8	1,84
18	180	70	8,0	11,00	11,00	5,5	28,0	22,0	1 350	150	6,95	114	22,4	2,02	89,6	1,92
20	200	75	8,5	11,50	11,50	6,0	32,2	25,3	1 910	191	7,70	148	27,0	2,14	114	2,01
24	240	85	9,5	13,00	13,00	6,5	42,3	33,2	3 600	300	9,22	248	39,6	2,42	179	2,23
30	300	100	10,0	16,00	16,00	8,0	58,8	46,2	8 030	535	11,7	495	67,8	2,90	316	2,70

Observații:

— dimensiunile sînt extrase din STAS 564-80;

— se laminează din mărcile de oțel OL 37, OL 42, OL 44 și OL 52 conform STAS 500/2-80;

— lungimi fixe: 6...12 m; peste 12 m numai prin înțelegere specială;

— exemplu de notare pentru un profil cu înălțimea de 120 mm: U 12.

Tabelul 2.4

Oțel U economic laminat la cald

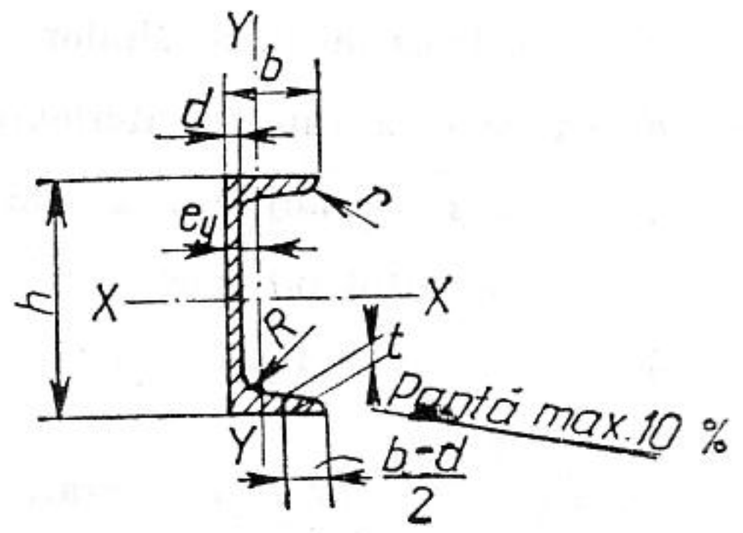
I — momentul de inerție

W — modulul de rezistență

$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ — raza de giratie

} raportate la axa de încovoiere respectivă

S — momentul static al semisecțiunii



Denumirea profilului UE	Dimensiuni, mm						Aria secțiunii A, cm²	Masa G, kg/m	Mărimi statice pentru axele de încovoiere						S_x, cm³	e_y, cm
									$X-X$			$Y-Y$				
	h	b	d	t	R	r			I_x, cm⁴	W_x, cm³	i_x, cm	I_y, cm⁴	W_y, cm³	i_y, cm		
5	50	32	4,4	7,0	6,0	2,5	6,16	4,84	22,8	9,10	1,92	5,61	2,75	0,954	5,59	1,16
6,5	65	36	4,4	7,2	6,0	2,5	7,51	5,90	48,6	15,00	2,54	8,70	3,68	1,08	9,00	1,24
8	80	40	4,5	7,4	6,5	2,5	8,98	7,05	89,4	22,40	3,16	12,80	4,75	1,19	13,30	1,31
10	100	46	4,5	7,6	7,0	3,0	10,90	8,59	174,0	34,80	3,99	20,40	6,46	1,37	20,40	1,44
12	120	52	4,8	7,8	7,5	3,0	13,30	10,40	304,0	50,60	4,78	31,20	8,52	1,53	29,60	1,54
14	140	58	4,9	8,1	8,0	3,0	15,60	12,30	491,0	70,20	5,60	45,40	11,00	1,70	40,80	1,67
16	160	64	5,0	8,4	8,5	3,5	18,10	14,20	747,0	93,40	6,42	63,30	13,80	1,87	54,10	1,80
18	180	70	5,1	8,7	9,0	3,5	20,70	16,30	1 090,0	121,00	7,24	86,00	17,00	2,04	69,80	1,94
20	200	76	5,2	9,0	9,5	4,0	23,40	18,40	1 520,0	152,00	8,07	113,00	20,50	2,20	87,80	2,07
22	220	82	5,4	9,5	10,0	4,0	26,70	21,00	2 110,0	192,00	8,89	151,00	25,10	2,37	110,00	2,21
24	240	90	5,6	10,0	10,5	4,0	30,60	24,00	2 900,0	242,00	9,73	208,00	31,60	2,60	139,00	2,42
27	270	95	6,0	10,5	11,0	4,5	35,20	27,70	4 160,0	308,00	10,90	262,00	33,30	2,73	178,00	2,47
30	300	100	6,5	11,0	12,0	5,0	40,50	31,80	5 810,0	387,00	12,00	324,00	43,60	2,84	224,00	2,52

Observații:

— dimensiunile sînt extrase din STAS 7551-66;

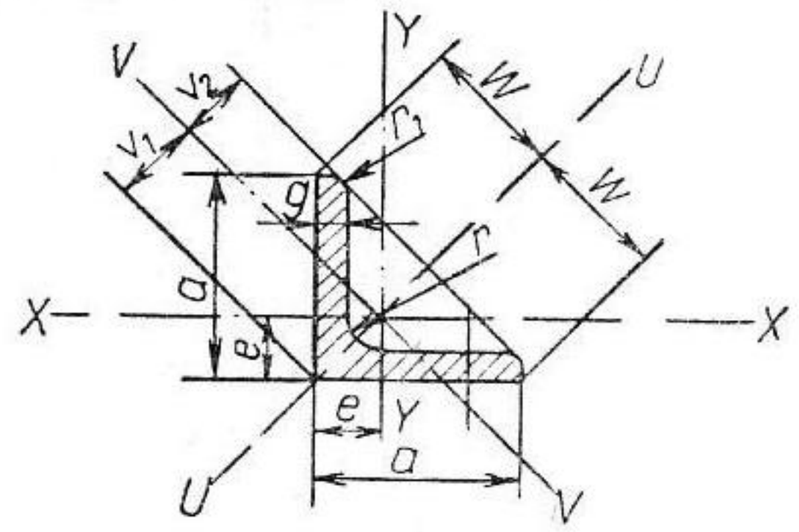
— se laminează, în mod obișnuit, din oțel OL 37; prin înțelegere specială se poate lamina și din alte mărci de oțel;

— lungimi fixe: 6...12 m; peste 12 m, numai prin înțelegere specială;

— exemplu de notare pentru un profil cu înălțimea de 120 mm: UE 12.

Oțel cornier cu aripi egale, laminat la cald

I — momentul de inerție
W — modulul de rezistență
$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ — raza de giratie



Dimensiunile secțiunii $a \times a \times g$, mm	Aria secțiunii, S, cm²	Masa liniară, kg/m	r	r_1	Distanța axelor, cm				Mărimile statice pentru axele de încovoiere							
									$X-X$ și $Y-Y$			$U-U$		$V-V$		
					e	w	v_1	v_2	$I_x=I_y$ cm⁴	$W_x=W_y$ cm³	$i_x=i_y$ cm	I_u cm⁴	i_u cm	I_v cm⁴	W_v cm³	i_v cm
20 × 20 × 4	1,45	1,14	3,5	2	0,64	1,41	0,90	0,71	0,41	0,36	0,58	0,77	0,73	0,21	0,23	0,38
30 × 30 × 4	2,27	1,78	5	2,5	0,88	2,12	1,24	1,05	1,80	0,85	0,89	2,85	1,12	0,75	0,61	0,58
40 × 40 × 4	3,08	2,42	6	3	1,12	2,83	1,58	1,40	4,47	1,55	1,21	7,09	1,52	1,85	1,17	0,78
40 × 40 × 5	3,79	2,97	6	3	1,16	2,83	1,64	1,42	5,43	1,91	1,20	8,60	1,51	2,26	1,37	0,77
50 × 50 × 5	4,80	3,77	7	3,5	1,40	3,54	1,98	1,76	11,0	3,05	1,51	17,4	1,90	4,54	2,59	0,97
50 × 50 × 6	5,09	4,47	7	3,5	1,45	3,54	2,04	1,77	12,8	3,61	1,50	20,4	1,89	5,33	2,61	0,97
60 × 60 × 6	6,91	5,42	8	4	1,69	4,24	2,39	2,11	22,8	5,29	1,82	36,2	2,29	9,43	3,95	1,17
60 × 60 × 8	9,63	7,09	8	4	1,77	4,24	2,50	2,14	29,2	6,89	1,80	46,2	2,26	12,1	4,86	1,16
70 × 70 × 7	9,40	7,38	9	4,5	1,97	4,95	2,79	2,47	42,4	8,41	2,12	67,1	2,67	17,5	6,27	1,36
80 × 80 × 8	12,30	9,63	10	5	2,26	5,66	3,19	2,82	72,2	12,6	2,43	115	3,06	29,8	9,36	1,55
100 × 100 × 10	19,2	15,0	12	6	2,82	7,07	3,99	3,54	177	24,6	3,04	280	3,83	72,9	18,3	1,95
120 × 120 × 10	23,2	18,2	13	6,5	3,31	8,49	4,69	4,23	313	36,0	3,67	497	4,63	129	27,5	2,36
140 × 140 × 14	37,6	29,4	15	7,5	3,98	9,90	5,61	5,07	689	68,8	4,30	1 094	5,42	284	50,5	2,74
150 × 150 × 16	45,7	35,9	16	8	4,29	10,6	6,07	5,34	949	88,7	4,56	1 510	5,74	391	64,4	2,93
160 × 160 × 14	43,3	34,0	17	8,5	4,47	11,3	6,30	5,77	1 046	90,8	4,92	1 662	6,20	431	68,1	3,16
160 × 160 × 16	49,1	38,5	17	8,5	4,55	11,3	6,42	5,79	1 175	103	4,89	1 866	6,17	485	75,3	3,14

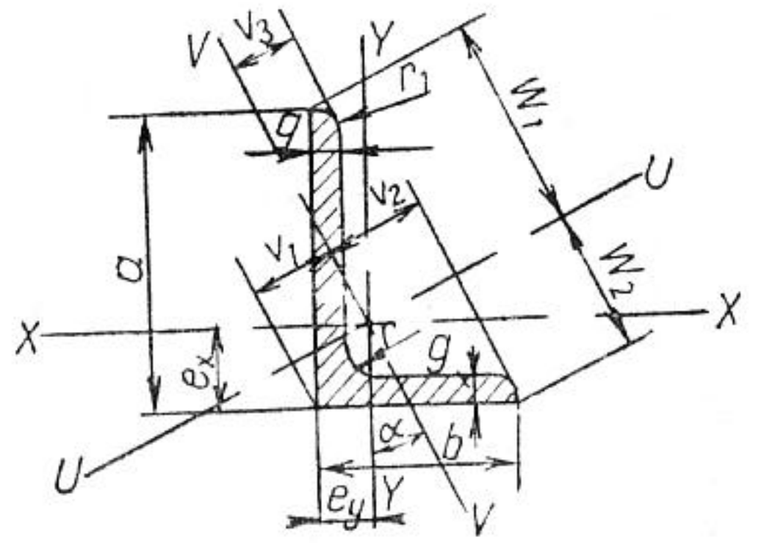
Observații:

— dimensiunile sînt extrase din STAS 424-80;
— se laminează din oțel OL 37 sau oțel OL 52 conform STAS 500/2-80 și oțel RCB 52 conform STAS 500/3-80;
— lungimi fixe: 4...12 m; peste 12 m, numai prin înțelegere specială;
— exemplu de notare: L 100 × 100 × 10.

Tabelul 2.6

Oțel cornier cu aripi neegale, laminat la cald

I — momentul de inerție
W — modulul de rezistență
$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ — raza de girație
} raportate la axa de încovoiere respectivă

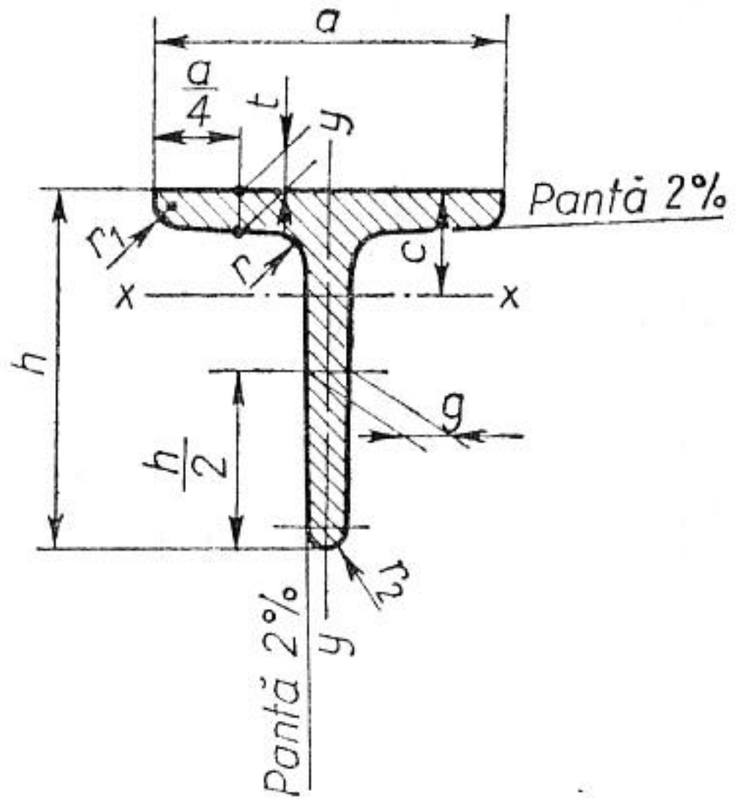


Dimensiunile secțiunii, $a \times b \times g'$, mm	Aria secțiunii S, cm²	Masa lineară, kg/m	r	r_1	Distanța axelor, cm							Unghiul de înclinare a axelor tg α	Mărimile statice pentru axele de încovoiere									
													X—X			Y—Y			U—U		V—V	
					e_x	e_y	w_1	w_2	v_1	v_2	v_3		I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm	I_u cm⁴	i_u cm	I_v cm⁴	i_v cm
80 × 65 × 8	11,0	8,66	8	4	2,47	1,73	5,59	4,65	2,79	2,94	2,05	0,645	68,1	12,3	2,49	40,1	8,41	1,91	88,0	2,82	20,3	1,35
100 × 75 × 9	15,1	11,8	10	5	3,15	1,91	6,91	5,45	3,22	3,63	2,22	0,549	148	21,5	3,13	71,0	12,7	2,17	181	3,47	37,8	1,59

Observații:

— dimensiunile sînt extrase din STAS 425-80;
— se laminează din oțel OL 37.1; OL 37.2; OL 37.3 conform STAS 500/2-80;
— lungimi fixe: 4...12 m; peste 12 m, numai prin înțelegere specială;
— exemplu de notare: L 100 × 75 × 9.

Oțel T laminat la cald

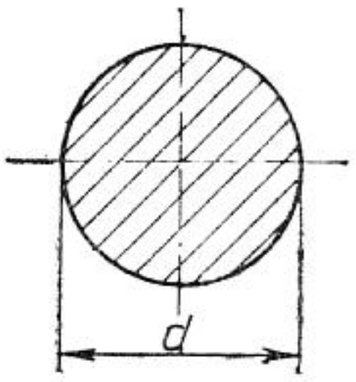


I = moment de inerție
W = modul de rezistență
$i = \sqrt{\frac{I}{S}}$ = rază de girație
} raportate la axa de încovoiere respectivă

Denumirea profilului	Dimensiuni, mm				Secțiunea S, cm²	Masa teoretică, kg/m	e, cm	Pentru axa de încovoiere					
								$X-X$			$Y-Y$		
	$a=h$	$g=t=r$	r_1	r_2				I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm
T 3	30	4	2	1	2,26	1,77	0,85	1,72	0,80	0,87	0,87	0,58	0,62
T 4	40	5	2,5	1	3,77	2,96	1,12	5,28	1,84	1,18	2,58	1,29	0,83
T 5	50	6	3	1,5	5,66	4,44	1,39	12,1	3,36	1,46	6,06	2,42	1,03

Observații:

— dimensiunile sînt extrase din STAS 566-80:
— se laminează din oțel OL 37 conform STAS 500/2-80;
— lungimi fixe: 4...8 m; peste 8 m, numai la înțelegere între părți;
— exemplu de notare pentru un profil cu înălțimea de 30 mm: T 3.



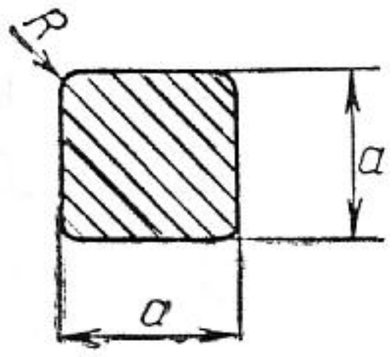
Tabelul 2.8

Oțel rotund laminat la cald

Diametrul		Aria secțiunii,	Masa liniară,	Diametrul		Aria secțiunii,	Masa liniară,
Nominal, mm	Abateri limită, mm	cm^2	kg/m	Nominal, mm	Abateri limită, mm	cm^2	kg/m
10	+0,3 −0,4	0,78	0,62	36	+0,5 −0,7	10,2	7,99
12	+0,4 −0,5	1,13	0,89	38	+0,5 −0,7	11,3	8,90
14	+0,4 −0,5	1,54	1,21	40	+0,5 −0,7	12,6	9,89
15	+0,4 −0,5	1,77	1,39	42	+0,5 −0,7	13,9	10,9
16	+0,4 −0,5	2,01	1,58	65	+0,8 −1,1	33,2	26,1
18	+0,4 −0,5	2,54	2,00	70	+0,8 −1,1	38,5	30,2
19	+0,4 −0,5	2,84	2,23	75	+0,8 −1,1	44,2	34,7
20	+0,4 −0,5	3,14	2,47	80	+0,8 −1,3	50,3	39,4
22	+0,4 −0,5	3,80	2,98	90	+0,8 −1,3	63,6	49,9
24	+0,4 −0,5	4,52	3,55	100	+1,2 −1,7	78,5	61,7
25	+0,4 −0,5	4,91	3,85	110	+1,2 −1,7	95,0	74,6
28	+0,5 −0,7	6,16	4,83	120	+1,4 −2,0	113	88,8
30	+0,5 −0,7	7,07	5,55	130	+1,4 −2,0	133	104
32	+0,5 −0,7	8,04	6,31	140	+1,4 −2,0	154	121
34	+0,5 −0,7	9,08	7,12	150	+1,4 −2,0	177	139

Observații:

— dimensiunile sînt extrase din STAS 333-80;
— se laminează din oțel de uz general, oțel carbon de calitate și oțel aliat sau înalt aliat;
— lungimi fixe: 2...6 m; peste 6 m numai la înțelegere între părți;
— exemplu de notare pentru un oțel rotund cu diametrul de 25 mm: Ø 25.



Tabelul 2.9

Oțel pătrat

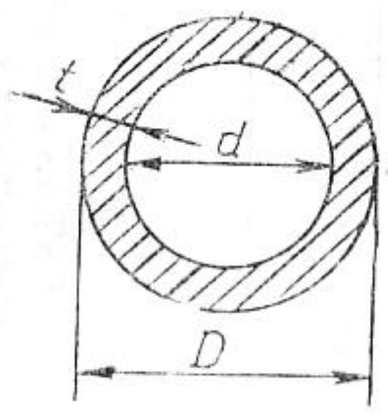
a		*R* mm, max	Aria secțiunii, cm^2	Masa liniară, kg/m
Nominal, mm	Abateri limită, mm			
8	+0,3 −0,5	1,0	0,64	0,502
10	+0,3 −0,5	1,0	1,00	0,785
12	+0,3 −0,5	1,0	1,44	1,130
14	+0,3 −0,5	1,5	1,96	1,510
16	+0,3 −0,5	1,5	2,56	2,010
18	+0,3 −0,5	1,5	3,24	2,540
20	+0,4 −0,5	1,5	4,00	3,140
25	+0,4 −0,5	2,0	6,25	4,190
30	+0,5 −0,7	2,0	9,00	7,070
36	+0,5 −0,7	3,0	12,96	10,200
40	+0,5 −0,7	3,0	16,00	12,600
45	+0,5 −0,7	3,0	20,25	13,900
50	+0,6 −1,0	4,0	25,00	19,600
56	+0,6 −1,0	4,0	31,36	24,600
60	+0,7 −1,1	5,0	36,00	28,300

Observații:
— dimensiunile sînt extrase din STAS 334-80;
Oțelul pătrat se laminează din:
— oțeluri de uz general pentru construcții, conform STAS 500/2-80 și STAS 500/3-80;
— oțeluri carbon de calitate pentru tratament termic, destinate construcțiilor de mașini, conform STAS 880-80;
— lungimi fixe: 2...6 m; peste 6 m se livrează numai prin înțelegere specială;
— exemplu de notare, pentru oțel pătrat cu latura de 70 mm: 4L 70.

Tabelul 2.10

Țevi din oțel, fără sudură, laminate la cald pentru construcții

Dimensiuni, mărimi statice



$A = (D^2 - d^2)\,\frac{\pi}{4}$, aria secțiunii;

$I = (D^4 - d^4)\,\frac{\pi}{64}$, momentul de inerție;

$W = \frac{2I}{D} = (D^4 - d^4)\,\frac{\pi}{32D}$, modulul de rezistență;

$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \frac{1}{4}\sqrt{D^2 + d^2}$, raza de giratie;

$G = A \times 1 \times \gamma$, masa pe metru;

pentru A în cm²: $l = 1$ m $= 100$ cm și

$\gamma = 7{,}85$ daN/dm³ $= 0{,}00785$ daN/cm³

$G = A \times 100 \times 0{,}00785 = A \times 0{,}785$ (kg/m)

Diametrul exterior D, mm	A, cm² I, cm⁴	Grosimea peretelui t, mm											
		3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	8,0	10	12	14	16	18	20
		Mărimi statice A, cm² I, cm⁴											
42	A	3,68	4,23	4,78	5,81	—	—	—	—	—	—	—	—
	I	7,03	7,91	8,71	10,1	—	—	—	—	—	—	—	—
45	A	3,91	4,51	5,09	6,20	7,26	—	—	—	—	—	—	—
	I	8,46	9,54	10,5	12,3	13,8	—	—	—	—	—	—	—
48	A	4,24	4,39	5,53	6,75	7,92	10,0	11,2	—	—	—	—	—
	I	10,8	12,2	13,5	15,8	17,8	20,9	23,0	—	—	—	—	—
51	A	4,52	5,22	5,91	7,23	8,48	10,8	12,9	—	—	—	—	—
	I	13,1	14,8	16,4	19,3	21,9	25,8	28,7	—	—	—	—	—
54	A	4,81	5,55	6,28	7,70	9,05	11,6	13,8	15,8	—	—	—	—
	I	15,7	17,8	19,8	23,3	26,5	31,5	35,1	37,7	—	—	—	—
57	A	5,09	5,88	6,66	8,17	9,61	12,3	14,7	16,9	—	—	—	—
	I	18,6	21,1	23,5	27,9	31,7	37,9	42,6	56,0	—	—	—	—
60	A	—	6,21	7,04	8,64	10,2	13,1	15,7	18,1	—	—	—	—
	I	—	24,9	27,7	32,9	37,6	45,2	51,0	55,4	—	—	—	—
63,5	A	—	6,60	7,48	9,19	10,8	13,9	16,8	19,4	—	—	—	—
	I	—	29,8	33,2	39,6	45,3	54,8	62,2	67,9	—	—	—	—
70	A	—	7,31	8,29	10,2	12,1	15,6	18,8	21,9	23,3	24,6	—	—
	I	—	40,5	45,3	54,2	62,3	76,1	87,2	96,0	99,6	103	—	—

73	*A*	—	7,64	8,67	10,7	12,6	16,3	19,8	23,0	26,0	28,7	—	—
	I	—	46,3	51,8	62,1	71,4	87,6	101	111	119	125	—	—
76	*A*	—	7,97	9,05	11,2	13,2	17,1	20,7	24,1	27,3	30,2	—	—
	I	—	52,5	58,8	70,6	81,4	100	115	128	138	146	—	—
83	*A*	—	8,74	9,93	12,3	14,5	18,8	22,9	26,8	30,3	33,7	36,8	—
	I	—	69,2	77,6	93,6	108	134	156	174	188	200	209	—
89	*A*	—	9,40	10,7	13,2	15,6	20,4	24,8	29,0	33,0	36,7	40,1	—
	I	—	86,1	96,7	117	135	169	197	220	240	256	269	—
95	*A*	—	10,1	11,4	14,1	16,8	21,9	26,7	31,3	35,6	39,7	43,6	—
	I	—	105	119	144	167	209	245	275	301	323	341	—
102	*A*	—	—	12,3	15,2	18,1	23,6	28,9	33,9	38,7	43,2	47,5	—
	I	—	—	148	180	209	263	309	350	384	413	438	—
108	*A*	—	—	13,1	16,2	19,2	25,1	30,8	36,2	41,3	46,2	50,9	—
	I	—	—	177	215	251	316	373	423	467	504	536	—
114	*A*	—	—	13,8	17,1	20,4	26,6	32,7	38,5	43,4	49,3	54,3	59,1
	I	—	—	209	255	298	376	446	508	561	607	674	682
121	*A*	—	—	14,7	18,2	21,7	28,4	34,9	41,1	47,1	52,8	58,2	63,5
	I	—	—	252	307	359	456	541	618	685	744	796	841
127	*A*	—	—	15,5	19,2	22,8	29,9	36,8	43,4	49,7	55,8	61,6	67,2
	I	—	—	293	357	418	532	634	725	806	877	940	996
133	*A*	—	—	16,2	20,1	23,9	31,4	38,6	45,6	52,3	58,8	65,0	71,0
	I	—	—	338	412	484	616	736	843	939	1 030	1 101	1 169
140	*A*	—	—	—	21,2	25,3	33,2	40,8	48,3	55,4	62,3	69,0	75,4
	I	—	—	—	484	568	725	868	997	1 114	1 218	1 312	1 395
146	*A*	—	—	—	22,1	26,4	34,7	42,7	50,5	58,1	65,3	72,4	79,2
	I	—	—	—	551	648	828	993	1 140	1 280	1 400	1 511	1 610
152	*A*	—	—	—	—	27,5	36,2	44,6	52,8	60,7	68,4	75,8	82,9
	I	—	—	—	—	735	941	1 130	1 300	1 460	1 600	1 730	1 848
159	*A*	—	—	—	—	28,8	38,0	46,8	55,4	63,8	71,9	79,7	87,3
	I	—	—	—	—	845	1 080	1 300	1 510	1 690	1 860	2 010	2 153
168	*A*	—	—	—	—	30,5	40,2	49,6	58,8	67,7	76,4	84,8	93,0
	I	—	—	—	—	1 003	1 290	1 555	1 799	2 024	2 231	2 420	2 592
178	*A*	—	—	—	—	32,4	42,7	52,7	62,5	72,1	81,4	90,4	99,2
	I	—	—	—	—	1 211	1 547	1 869	2 167	2 443	2 698	2 932	3 148
194	*A*	—	—	—	—	35,4	46,7	57,8	68,7	79,2	89,5	99,5	109
	I	—	—	—	—	1 567	2 025	2453	2 853	3 226	3 572	3 894	4 192

Observaţii:

— dimensiunile sînt extrase din STAS 404/2-80;
— se laminează din oţel carbon pentru ţevi mărcile OLT 35, OLT 45 şi OLT 65; prin înţelegere specială se laminează şi din oţel OL 52;
— lungimi de fabricaţie: $4_{-}12{,}5$ m; alte lungimi numai prin înţelegere specială.

Tabelul 2.11

A. Table din oțel de uz general pentru construcții, STAS 500/2-80

Grosimea, mm	Lățimea, mm									
	1 000	1 250	1 500	1 800 . . . 2 000	2 200 . . . 2 400	2 600	2 800	3 000	3 600	4 000
	Lungimi uzuale, m									
3	2...6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4										
5	—	2...6								
6										
7			4...12							
8										
9			5...12							
10										
12										
14	—	—	—	6...12						
15										
16										
18										
20										
22										
25										
30										
35										
40					4...10					
45										
50										
55										
60										
65										
70					4...8					
75										
80					4...7					
85										
90	—	—	—	—	4...6	—	—	—	—	—
100										
120										
130					4 și 5					
140										
150										

Observație: Lungimile uzuale se livrează în trepte de cîte 1 000 mm.

B. Table din oțel de uz general pentru construcții RCA 37 și RCB 52, STAS 500/3-80

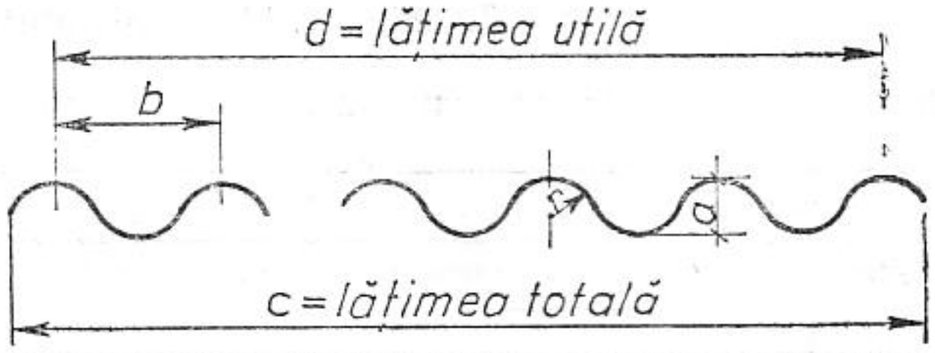
Grosimea, mm	Lățimea, mm								
	1 000	1 250	1 500	1 800	2 000	2 200	2 400	2 600	2 800
	Lungimi uzuale, m								
3	2...6	—	—	—	—	—	—	—	—
4									
5	—	2...6							
6									
7			4...12						
8				5...12					
9									
10				5...12					
12									
14	—	—	—	—	6...12				
15									
16									

Observație: Lungimile uzuale se livrează în trepte de cîte 1 000 mm.

Tabelul 2.11 (continuare)

C. Table din oțel carbon de calitate, oțel cu granulație fină și oțel aliat pentru construcții de mașini

Grosimea, mm	Lățimea, mm								
	1 000	1 250 . . . 1 500	1 800 . . . 2 000	2 200	2 400	2 600	2 800 3 000	3 600	4 000
	Lungimi uzuale, m								
3	2...6	—	—	—	—	—	—	—	—
4									
5	—	2...6	—	—	—	—	—	—	—
6 7		4...12							
8		5...12							
9 10	5...12								
12									
14 15 16	—	—	6...12						
18 20 22 25									
30 35 40	—	—							
45 50			4...10						
55 60									
65 70			4...8						
75 80			4...7						
85 90 100	—	—	4...6				—		
120 130 140 150			4 și 5						



Tabelul 2.12

Tablă ondulată

Dimensiuni, mm						Masa kg/m²	Pentru o foaie de 2 m lungime	
Ondulație			Grosime	Lățime				
a	*b*	*r* ≈		*c*	*d*		aria, m²	masa, kg
(20)	(76)	(19)	0,75 1,00	800	760	7,55 10,03	1,60	12 16
30	100	23	1,25 1,50	850	800	11,75 14,12	1,70	20 24
40	150	36	1,25 1,50	825	750	12,10 14,54	1,65	20 24

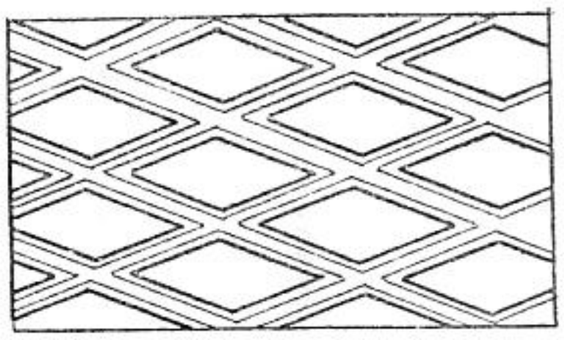
Observații:

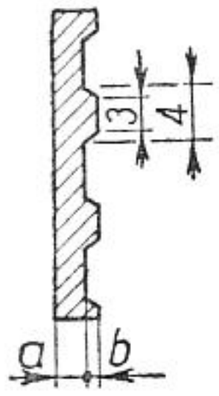
— dimensiunile sînt extrase din STAS 2029-80;

— dimensiunile cuprinse între paranteze se vor evita pe cît posibil;

— tabla se poate livra zincată sau nezincată; masa din tabel corespunde tablei nezincată; pentru tabla zincată masa este mai mare cu circa 0,5 kg pe foaia de 2 m lungime;

— tabla ondulată se confecționează din oțel carbon de uz general, cu conținut scăzut de carbon, din foi de tablă 1 000 × 2 000 mm; pe bază de înțelegere între părți se poate confecționa și din alte formate de foi.





Tabelul 2.13

Tablă striată tip I

Grosimea *a*, mm	Lățimea, mm	Lungimea maximă, mm	Înălțimea nervurilor *b*, mm	Masa, kg/m²
4	700...1 250	6 000	0,50	34
5				42
6	700...1 500			50
7				59
8		12 000	1,00	67
9				75
10				83

Observații:

— dimensiunile sînt extrase din STAS 3480-80;

— se pot livra lățimi și lungimi la cerere, fără a depăși dimensiunile maxime de fabricație;

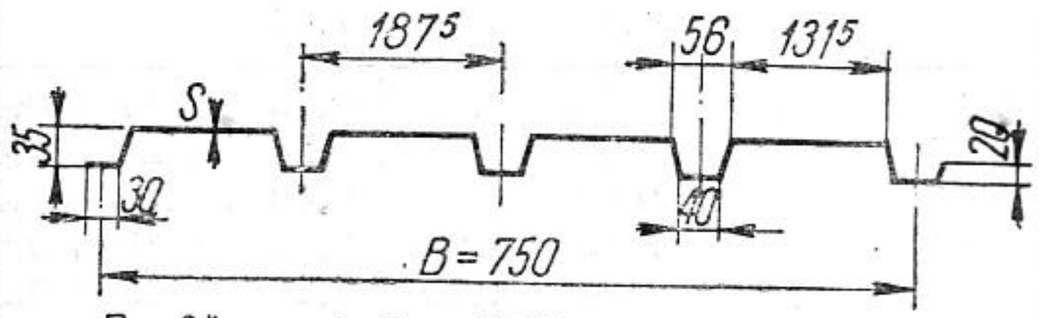
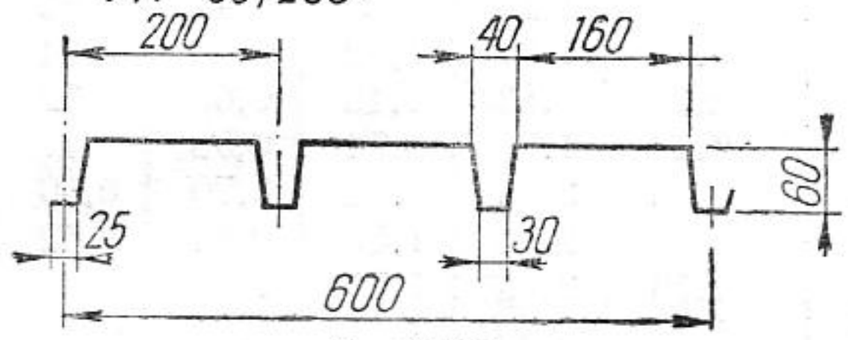
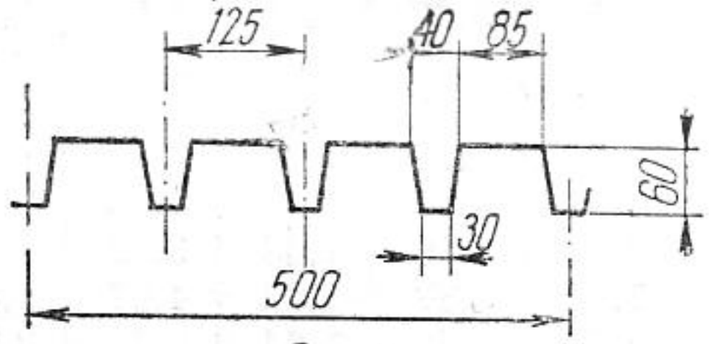
— la înțelegere între părți, tablele de 4 și 5 mm se pot livra și cu lungimi mai mari de 1 250 mm;

— tabla striată se confecționează din oțeluri de uz general pentru construcții: OL 30, OL 32, OL 34, OL 37, OL 44, OL 52;

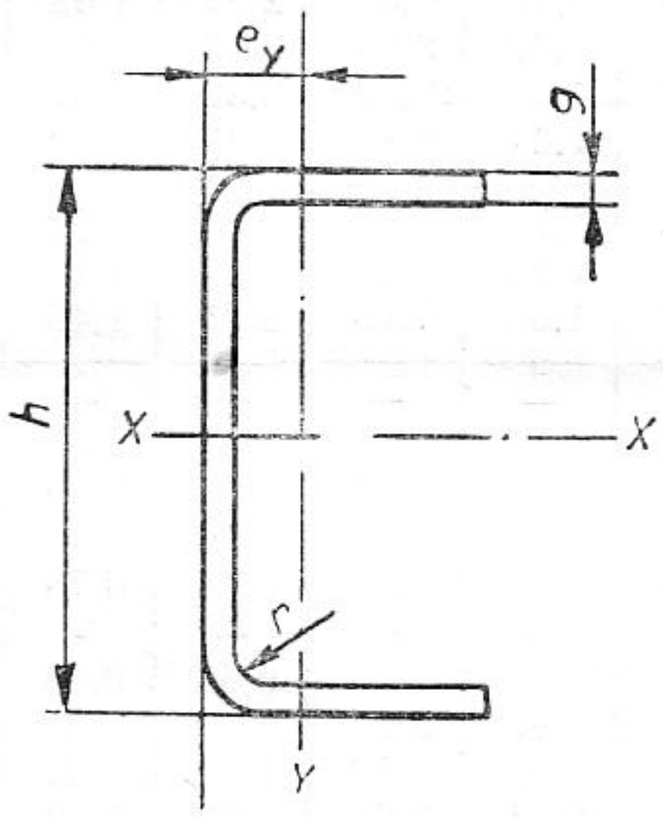
— exemplu de notare: TGSI 6 × 1 500 × 6 000

Tabelul 2.14

Tablă cutată

Tipul profilului	Grosimea tablei, S, mm	Greutate, kg/m²	I/m, cm⁴	W/m, cm³
TIP 35/187⁵  Desfășurat B_1 = 1000	0,75	8,00	17,5	7,5
	1,00	10,66	32,2	10,0
	1,25	13,33	29,1	12,5
	1,50	16,0	34,8	15,0
TIP 60/200  B_1 = 1000	0,75	10,0	58	12,3
	1,00	13,35	78	16,5
	1,25	16,70	97	20,5
	1,50	20,0	117	25,0
TIP 60/125  B_1 = 1000	0,75	12,0	75	19,0
	1,00	16,6	100	26,0
	1,25	20,0	125	32,5
	1,50	24,0	159	40,0

Tabelul 2.15



Profil U cu aripi egale, format la rece din bandă de oțel cu rezistența la rupere pînă la 490 N/mm²

Dimensiuni, mm				Aria secțiunii, cm²	Masa liniară, kg/m	e_y cm	Mărimile statice pentru axele de încovoiere					
h	b	g	r				I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	W_y, cm³	i_y cm
20	20	1,5	2	0,82	0,64	0,75	0,55	0,55	0,82	0,34	0,27	0,64
20	20	2,0	3	1,05	0,82	0,79	0,68	0,68	0,80	0,44	0,36	0,64
22	22	2,0	3	1,17	0,92	0,85	0,93	0,84	0,89	0,59	0,44	0,71
25	25	1,5	2	1,04	0,82	0,92	1,11	0,90	1,04	0,69	0,43	0,81
25	25	2,0	3	1,35	1,06	0,95	1,41	1,12	1,02	0,88	0,57	0,81
25	50	2,5	3	2,35	1,84	2,14	2,73	2,18	1,08	5,90	2,07	1,58
25	50	3,0	4	3,43	2,69	2,21	3,72	2,97	1,04	8,39	3,01	1,56

Tabelul 2.15 (continuare)

Dimensiuni, mm				Aria secțiunii, cm²	Masa liniară, kg/m	e_y	Mărimile statice pentru axele de încovoiere					
h	b	g	r				I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm
28	28	2,0	3	1,53	1,20	1,05	2,03	1,45	1,15	1,26	0,72	0,91
30	15	1,5	2	0,82	0,64	0,44	1,09	0,73	1,16	0,18	0,17	0,47
30	15	2,0	3	1,05	0,82	0,47	1,35	0,90	1,13	0,24	0,23	0,48
30	20	1,5	2	0,97	0,76	0,65	1,40	0,93	1,20	0,40	0,29	0,64
30	20	2,0	3	1,25	0,98	0,68	1,75	1,16	1,18	0,52	0,39	0,64
30	30	1,5	2	1,27	0,99	1,08	2,01	1,34	1,26	1,21	0,63	0,98
35	15	2,0	2	0,88	0,80	0,41	1,82	0,99	1,26	0,17	0,21	0,49
35	20	1,5	2	0,84	0,82	0,61	2,00	1,14	1,38	0,42	0,30	0,64
40	18	2,0	3	1,37	1,08	0,52	3,15	1,57	1,52	0,43	0,34	0,56
40	18	3,0	4	1,96	1,54	0,57	4,27	2,13	1,48	0,63	0,52	0,57
40	20	2,0	3	1,45	1,14	0,60	3,44	1,72	1,54	0,58	0,41	0,63
40	20	2,5	3	1,78	1,40	0,62	4,12	2,06	1,52	0,70	0,50	0,62
40	20	3,0	4	2,08	1,63	0,65	4,68	2,34	1,50	0,84	0,62	0,63
40	25	2,0	3	1,65	1,29	0,80	4,16	2,08	1,59	1,06	0,62	0,80
40	25	2,5	3	2,03	1,59	0,82	5,00	2,50	1,57	1,29	0,76	0,80
40	25	3,0	4	2,38	1,87	0,85	5,71	2,85	1,55	1,52	0,92	0,80
40	25	4,0	2	2,48	1,97	0,86	5,91	3,02	1,56	1,59	0,94	0,80
40	32	2,0	3	1,93	1,52	1,10	5,17	2,59	1,64	2,08	0,99	1,04
40	32	2,5	3	2,38	1,87	1,12	6,23	3,11	1,62	2,54	1,22	1,03
40	32	3,0	4	2,80	2,20	1,15	7,15	3,57	1,60	2,98	1,45	1,03
40	35	4,0	6	3,80	2,99	1,35	9,58	4,79	1,59	4,92	2,29	1,14
40	40	2,0	3	2,25	1,77	1,45	6,33	3,16	1,68	3,82	1,50	1,30
40	40	2,5	3	2,78	2,18	1,47	7,64	3,82	1,66	4,67	1,85	1,29
40	40	3,0	4	3,28	2,57	1,51	8,79	4,40	1,64	5,47	2,20	1,29
40	40	4,0	6	4,20	3,30	1,58	10,88	5,44	1,61	7,03	2,90	1,29
40	50	2,0	3	2,65	2,08	1,91	7,77	3,89	1,71	7,01	2,27	1,63
40	50	2,5	3	3,28	2,57	1,93	9,40	4,70	1,69	8,60	2,80	1,62
40	50	3,0	4	3,88	3,04	1,97	10,85	5,43	1,67	10,07	3,32	1,61
40	50	4,0	6	5,00	3,93	2,05	13,49	6,74	1,64	12,87	4,36	1,60
40	60	3,0	4	4,48	3,51	2,44	12,91	6,45	1,70	16,61	4,67	1,92
46	36	3,0	4	3,22	2,53	1,26	11,01	4,79	1,85	4,34	1,85	1,16
46	45	3,0	4	3,76	2,95	1,66	13,51	5,87	1,90	7,98	2,81	1,46
49	27	3,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	20	2,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	25	2,0	3	1,85	1,45	0,72	7,01	2,80	1,95	1,15	0,65	0,79
50	25	2,5	3	2,28	1,79	0,74	8,46	3,39	1,93	1,39	0,79	0,78
50	25	3,0	4	2,68	2,10	0,77	9,71	3,88	1,90	0,65	0,95	0,78
50	27	5,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	30	2,0	3	2,05	1,61	0,92	8,16	3,26	2,00	1,89	0,91	0,96
50	30	2,5	3	2,53	1,99	0,94	9,88	3,95	1,98	2,31	1,12	0,95
50	30	3,0	4	2,98	2,34	0,97	11,37	4,55	1,95	2,72	1,34	0,95
50	32	2,0	3	2,13	1,67	1,00	8,62	3,45	2,01	2,26	1,03	1,03
50	32	2,5	3	2,63	2,07	1,02	10,44	4,18	1,99	2,76	1,27	1,02
50	32	3,0	4	3,10	2,43	1,05	12,03	4,81	1,97	3,25	1,51	1,02
50	40	2,0	3	2,45	1,92	1,34	10,47	4,19	2,07	4,16	1,56	1,30
50	40	2,5	3	3,03	2,38	1,36	12,70	5,08	2,05	5,09	1,93	1,29
50	40	3,0	4	3,58	2,81	1,39	14,68	5,87	2,02	5,98	2,29	1,29
50	40	4,0	6	4,60	3,61	1,46	18,26	7,30	1,99	7,72	3,04	1,29
50	45	4,0	6	5,00	3,93	1,68	20,39	8,15	2,02	10,61	3,76	1,46
50	50	2,0	3	2,85	2,24	1,78	12,77	5,11	2,12	7,62	2,37	1,64
50	50	2,5	3	3,53	2,77	1,81	15,52	6,21	2,10	9,36	2,93	1,63
50	50	3,0	4	4,18	3,28	1,84	18,00	7,20	2,07	11,00	3,48	1,62
50	50	4,0	6	5,40	4,24	1,91	22,51	9,00	2,04	14,13	4,57	1,62
50	50	5,0	7	6,59	5,17	1,97	26,58	10,63	2,01	17,12	5,64	1,61

Tabelul 2.15 (continuare)

Dimensiuni, mm				Aria secțiunii cm²	Masa liniară, kg/m	e_y cm	Mărimile statice pentru axele de încovoiere					
h	*b*	*g*	*r*				I_x cm⁴	W_x sm²	i_x cm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm
54	45	4,0	6	5,16	4,05	1,64	24,35	9,02	2,17	10,95	3,82	1,46
60	20	2,0	3	1,85	1,45	0,49	9,10	3,03	2,22	0,45	0,43	0,59
60	20	2,5	3	2,28	1,79	0,51	11,01	3,67	2,20	0,79	0,53	0,59
60	20	3,0	4	2,68	2,10	0,54	12,61	4,20	2,17	0,95	0,65	0,60
60	25	2,0	3	2,05	1,61	0,66	10,78	3,59	2,29	1,22	0,66	0,77
60	25	2,5	3	2,53	1,99	0,68	13,07	4,36	2,27	1,48	0,81	0,76
60	25	3,0	4	2,98	2,34	0,71	15,05	5,01	2,25	1,76	0,98	0,77
60	30	2,0	3	2,25	1,77	0,85	12,46	4,15	2,35	2,02	0,94	0,95
60	30	2,5	3	2,78	2,18	0,87	15,14	5,05	2,33	2,46	1,15	0,94
60	30	3,0	4	3,28	2,57	0,89	17,49	5,83	2,31	2,90	1,38	0,94
60	32	2,0	3	2,33	1,83	0,93	13,14	4,38	2,37	2,41	1,06	1,02
60	32	2,5	3	2,88	2,26	0,95	15,97	5,32	2,35	2,94	1,30	1,01
60	32	3,0	4	3,40	2,67	0,97	18,46	6,15	2,33	3,47	1,56	1,01
60	40	2,0	3	2,65	2,08	1,25	15,83	5,28	2,44	4,44	1,61	1,29
60	40	2,5	3	3,28	2,58	1,27	19,28	6,42	2,42	5,44	1,99	1,29
60	40	3,0	4	3,88	3,04	1,30	22,36	7,45	2,40	6,41	2,37	1,28
60	40	4,0	6	5,00	3,93	1,36	27,95	9,32	2,36	8,30	3,14	1,29
60	40	5,0	7	6,09	4,78	1,41	33,02	11,01	2,33	10,14	3,91	1,29
60	50	2,0	3	3,05	2,39	1,67	19,19	6,40	2,51	8,15	2,45	1,64
60	50	2,5	3	3,78	2,97	1,70	23,41	7,80	2,49	10,02	3,03	1,63
60	50	3,0	4	4,48	3,51	1,73	27,24	9,08	2,47	11,79	3,60	1,62
60	50	4,0	6	5,80	4,56	1,79	34,23	11,41	2,43	15,21	4,74	1,62
60	50	5,0	7	7,09	5,56	1,85	40,61	13,53	2,39	18,58	5,86	1,61
60	60	3,0	4	5,08	3,99	2,17	32,12	10,71	2,51	19,39	5,07	1,95
60	60	4,0	6	6,60	5,18	2,24	40.51	13,50	2,48	24,98	6,65	1.94
60	60	5,0	7	8,09	6,35	2,30	48,19	16,06	2,44	30,34	8,19	1,94
62	45	4,0	6	5,48	4,30	1,55	33,54	10,82	2,47	11,57	3,92	1,45
64	18	3,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
65	40	4,0	6	5,20	4,09	1,31	33,71	10,37	2,54	8,55	3,18	1,28
65	40	5,0	7	6,34	4,98	1,36	39,91	12,28	2,51	10,46	3,97	1,28
65	50	5,0	7	7,34	5,76	1,79	48,93	15,06	2,58	19,10	5,95	1,61
65	65	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
70	40	2,0	3	2,85	2,24	1,17	22,52	6,43	2,81	4,69	1,65	1,28
70	40	2,5	3	3,53	2,77	1,19	27,50	7,86	2,79	5,75	2,04	1,28
70	40	3,0	4	4,18	3,28	1,21	31,98	9,14	2,77	6,77	2,43	1,27
70	50	3,0	4	4,78	3,75	1,63	38,72	11,06	2,85	12,49	3,71	1,62
70	50	4,0	6	6,20	4,87	1,69	48,85	13,96	2,81	16,15	4,88	1,61
70	50	5,0	7	7,59	5,96	1,74	58,18	16,62	2,77	19,67	6,03	1,61
70	60	3,0	4	5,38	4,22	2,06	45,46	12,99	2,91	20,55	5,21	1,95
70	60	4,0	6	7,00	5,50	2,12	57,57	16,45	2,87	26,55	6,85	1,95
70	60	5,0	7	8,59	6,74	2,18	68,76	19,65	2,83	32,30	8,45	1,94
70	70	3,0	4	5,98	4,69	2,50	52,20	14,91	2,95	31,25	6,95	2,29
70	70	4,0	6	7,80	6,13	2,57	66,30	18,94	2,91	40,40	9,13	2,27
70	70	5,0	7	9,59	7,53	2,63	79,35	22,67	2,88	49,18	11,25	2,26
80	25	3,0	4	3,58	2,81	0,62	30,24	7,58	2,91	1,91	1,01	0,73
80	30	3,0	4	3,88	3,04	0,78	34,79	8,70	3,00	3,19	1,43	0,91
80	40	2,0	3	3,05	2,39	1,10	30,63	7,66	3,17	4,90	1,69	1,27
80	40	2,5	3	3,78	2,97	1,12	37,48	9,37	3,15	6,01	2,08	1,26
80	40	3,0	4	4,48	3,51	1,14	43,69	10,92	3,12	7,09	2,48	1,26
80	40	4,0	6	5,80	4,56	1,20	55,02	13,75	3,08	9,22	3,29	1,26
80	40	5,0	7	7,09	5,56	1,25	65,47	16,37	3,04	11,29	4,10	1,26
80	45	4,0	6	6,20	4,87	1,39	60,80	15,20	3,13	12,73	4,10	1,43

Tabelul 2.15 (continua re)

Dimensiuni, mm				Aria secțiunii cm²	Masa liniară, kg/m	e_y	Mărimile statice pentru axele de încovoiere					
h	b	g	r				I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm
80	45	5,0	7	7,59	5,96	1,45	72,61	18,13	3,09	15,54	5,09	1,43
80	45	6,0	10	8,81	6,91	1,51	82,48	20,62	3,06	18,87	6,32	1,46
80	50	3,0	4	5,08	3,99	1,54	52,59	13,15	3,22	13,11	3,79	1,61
80	50	4,0	6	6,60	5,18	1,60	66,58	16,64	3,17	16,98	4,99	1,60
80	50	5,0	7	8,09	6,35	1,65	79,55	19,89	3,14	20,71	6,18	1,60
80	50	4,5	7	8,00	6,21	1,49	75,80	18,80	3,50	19,30	6,01	1,59
80	50	6,0	10	9,41	7,39	1,72	90,71	22,68	3,10	24,85	7,57	1,62
80	50	7,0	10	10,40	7,45	1,82	93,30	24,00	3,40	26,80	8,15	1,66
80	60	3,0	4	5,68	4,46	1,96	61,48	15,37	3,29	21,58	5,34	1,95
80	60	3,5	6	6,60	5,01	1,98	76,13	17,30	3,23	25,40	6,14	1,94
80	60	4,0	6	7,40	5,81	2,02	78,14	19,53	3,25	27,95	7,02	1,94
80	60	4,5	6	7,80	6,12	2,80	80,16	21,50	3,20	31,80	7,90	1,92
80	60	5,0	7	9,09	7,13	2,07	93,63	23,41	3,21	34,06	8,67	1,93
80	70	3,0	4	6,28	4,93	2,39	70,38	17,60	3,35	32,83	7,13	2,29
80	70	4,0	6	8,20	6,44	2,46	89,70	22,43	3,31	42,54	9,36	2,28
80	70	5,0	7	10,09	7,92	2,51	107,72	26,93	3,27	51,86	11,55	2,27
80	80	3,0	4	6,88	5,40	2,84	79,28	19,82	3,39	47,18	9,14	2,62
80	80	4,0	6	9,00	7,07	2,90	101,27	25,32	3,35	61,18	12,01	2,61
80	80	5,0	7	11,09	8,71	2,96	121,80	30,45	3,31	74,66	14,82	2,59
80	80	6,0	10	13,01	10,21	3,04	140,10	35,03	3,28	87,55	17,66	2,59
90	50	4,0	6	7,00	5,50	1,52	87,61	19,47	3,54	17,72	5,09	1,59
90	50	5,0	7	8,59	6,74	1,57	104,97	23,32	3,49	21,63	6,30	1,59
90	50	6,0	7	8,92	7,10	1,69	108,90	24,16	3,70	26,60	6,90	1,80
90	60	4,0	6	7,80	6,13	1,93	102,41	22,76	3,62	29,20	7,17	1,93
90	60	5,0	7	9,59	7,53	1,98	123,05	27,34	3,58	35,63	8,85	1,93
100	25	2,0	3	2,85	2,24	0,50	37,13	7,43	3,61	1,40	0,70	0,70
100	25	2,5	3	3,53	2,77	0,52	45,43	9,08	3,59	1,71	0,86	0,69
100	25	3,0	4	4,18	3,28	0,55	52,79	10,56	3,55	2,03	1,04	0,70
100	40	2,0	3	3,45	2,71	0,98	51,54	10,31	3,87	5,25	1,74	1,23
100	40	2,5	3	4,28	3,36	1,00	63,26	12,65	3,84	6,45	2,15	1,23
100	40	3,0	4	5,08	3,99	1,03	73,97	14,79	3,92	7,62	2,56	1,22
100	40	3,5	6	6,30	4,90	1,06	83,79	17,40	3,81	8,45	3,01	1,20
100	40	4,0	6	6,60	5,18	1,08	93,70	18,74	3,77	9,92	3,39	1,22
100	40	5,0	7	8,09	6,35	1,12	112,09	22,42	3,72	12,16	4,23	1,23
100	40	6,0	10	9,41	7,38	1,18	127,35	25,47	3,68	15,02	5,33	1,26
100	45	3,0	4	5,30	4,15	1,30	83,50	16,60	3,72	13,90	3,42	1,51
100	50	3,0	4	5,68	4,46	1,39	88,09	17,62	3,94	14,15	3,92	1,58
100	50	4,0	6	7,40	5,81	1,45	112,14	22,43	3,89	18,38	5,17	1,57
100	50	5,0	7	9,09	7,13	1,50	134,68	26,93	3,85	22,45	6,40	1,57
100	50	6,0	10	10,61	8,33	1,56	153,90	30,78	3,81	26,97	7,84	1,59
100	60	3,0	4	6,71	4,90	1,42	93,07	19,40	4,29	15,25	4,16	1,64
100	60	4,0	6	7,70	6,80	2,10	120,20	24,40	4,80	24,42	7,40	1,67
100	60	5,0	7	13,15	11,50	1,60	178,80	38,50	4,17	33,20	10,20	1,69
100	60	6,0	10	12,01	11,20	2,18	201,09	39,40	3,40	62,70	13,40	2,18
100	70	6,0	10	13,01	10,21	2,38	206,99	41,40	3,99	66,68	14,43	2,26
100	80	3,0	4	7,48	5,87	2,62	130,44	26,09	4,18	51,17	9,51	2,61
100	80	4,0	6	9,80	7,70	2,68	167,47	33,49	4,13	66,55	12,52	2,60
100	80	5,0	7	12,09	9,49	2,74	202,43	40,48	4,09	81,39	15,46	2,59
100	70	4,0	6	9,90	7,80	7,80	171,41	35,40	4,12	68,50	15,60	2,60
100	80	6,0	10	14,21	11,15	2,81	233,53	46,71	4,05	95,76	18,45	2,60
100	100	4,0	6	11,40	8,95	3,57	204,35	40,87	4,23	122,03	18,98	3,26
100	100	5,0	7	14,09	11,06	3,63	247,59	49,52	4,19	149,50	23,45	3,26
110	70	3,0	4	6,90	5,13	1,37	120,07	24,30	4,25	16,50	4,80	1,55

Tabelul 2.15 (continuare)

Dimensiuni, mm				Aria secțiunii cm²	Masa liniară, kg/m	e_y	Mărimile statice pentru axele de încovoiere					
h	b	g	r				I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm
120	30	3,0	4	5,08	3,99	0,63	93,87	15,64	4,30	3,56	1,50	0,84
120	30	4,0	6	6,60	5,18	0,68	118,66	19,78	4,24	4,70	2,02	0,84
120	30	5,0	7	8,09	6,35	0,72	141,82	23,64	4,19	5,85	2,57	0,85
120	40	3,0	4	5,68	4,47	0,93	114,41	19,07	4,49	8,03	2,62	1,19
120	40	4,0	6	7,40	5,81	0,98	145,59	24,26	4,43	10,47	3,47	1,19
120	40	5,0	7	9,09	7,13	1,03	174,90	29,15	4,39	12,85	4,32	1,19
120	40	6,0	10	10,61	8,33	1,08	199,28	33,21	4,33	15,85	5,43	1,22
120	45	3,0	4	5,98	4,69	1,10	124,68	20,78	4,57	11,17	3,29	1,37
120	45	4,0	6	7,80	6,13	1,15	159,05	26,51	4,51	14,55	4,34	1,36
120	45	5,0	7	9,59	7,53	1,20	191,45	31,91	4,47	17,80	5,39	1,36
120	50	3,0	4	6,28	4,93	1,28	134,95	22,49	4,64	14,99	4,02	1,54
120	50	4,0	6	8,20	6,44	1,33	172,51	28,75	4,58	19,50	5,31	1,54
120	50	5,0	7	10,09	7,92	1,37	207,99	34,66	4,54	23,85	6,57	1,54
120	50	5,5	7	11,40	8,80	1,40	225,80	37,70	4,50	27,80	7,70	1,55
120	50	6,0	10	11,81	9,27	1,43	238,30	39,72	4,49	28,66	8,03	1,56
120	55	6,0	10	12,41	9,74	1,61	257,81	42,97	4,56	37,07	9,54	1,73
120	55	7,0	11	14,25	11,18	1,66	290,81	48,47	4,52	42,81	11,16	1,73
120	55	7,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
120	60	3,0	4	6,88	5,40	1,64	155,49	25,91	4,75	24,83	5,70	1,90
120	60	4,0	6	9,00	7,07	1,70	199,43	33,24	4,71	32,30	7,51	1,89
120	60	5,0	7	11,09	8,71	1,74	241,07	40,18	4,66	39,49	9,28	1,89
120	60	5,5	7	12,10	9,60	1,80	260,17	44,20	4,60	44,70	10,30	1,89
120	60	6,0	10	13,01	10,21	1,81	277,33	46,22	4,62	46,94	11,19	1,90
120	65	8,0	13	17,60	13,20	2,20	380,80	60,60	4,60	64,13	17,09	2,14
120	70	8,0	13	18,35	14,40	2,31	395,75	65,96	4,64	93,19	19,87	2,25
120	80	3,0	4	8,08	6,34	2,44	196,56	32,76	4,93	54,56	9,81	2,60
120	70	4,0	6	8,90	7,30	2,48	236,20	40,20	4,80	60,50	10,80	2,60
120	80	4,0	6	10,60	8,32	2,50	253,28	42,21	4,89	71,11	12,92	2,59
120	70	7,0	11	16,60	13,20	2,09	340,60	59,90	5,00	70,20	16,09	2,13
120	80	5,0	6	13,09	10,28	2,55	307,24	51,21	4,84	87,09	15,97	2,58
120	80	6,0	10	15,41	12,09	2,62	355,37	59,23	4,80	102,70	19,07	2,58
120	100	4,0	6	12,20	9,58	3,35	307,12	51,19	5,02	130,51	19,62	3,27
120	100	5,0	7	15,09	11,84	3,40	373,40	62,23	4,98	160,13	24,27	3,26
120	100	6,0	10	17,81	13,98	3,47	433,42	72,24	4,93	188,47	28,88	3,25
120	120	4,0	6	13,80	10,84	4,24	360,97	60,16	5,11	213,91	27,55	3,94
120	120	5,0	7	17,09	13,41	4,29	439,57	73,26	5,07	262,87	23,10	3,92
120	120	6,0	10	22,06	17,20	3,80	501,08	83,90	5,01	200,50	30,90	3,80
140	40	3,0	4	6,28	4,93	0,86	166,20	23,74	5,14	8,37	2,66	1,15
140	40	4,0	6	8,20	6,44	0,91	212,29	30,33	5,09	10,92	3,53	1,15
140	40	5,0	7	10,09	7,92	0,95	255,90	36,56	5,04	13,40	4,39	1,15
140	50	3,0	4	6,88	5,40	1,18	194,36	27,77	5,32	15,69	4,10	1,51
140	50	4,0	6	9,00	7,07	1,23	249,29	35,61	5,26	20,43	5,41	1,51
140	50	5,0	7	11,09	8,70	1,27	301,48	43,07	5,21	25,00	6,70	1,50
140	60	3,0	4	7,48	5,87	1,52	222,52	31,79	5,45	26,06	5,82	1,87
140	60	4,0	6	9,80	7,70	1,57	286,29	40,90	5,40	33,95	7,67	1,86
140	60	5,0	7	12,09	9,49	1,62	347,06	49,58	5,36	41,54	9,48	1,85
140	60	6,0	10	14,21	11,15	1,68	400,23	57,18	5,31	49,42	11,44	1,86
140	60	7,0	11	16,35	12,83	1,72	453,06	64,72	5,26	56,96	13,32	1,87
140	60	8,0	11	18,30	13,60	1,80	470,17	65,20	5,31	60,90	14,16	1,96
140	70	3,0	4	8,08	6,34	1,89	250,68	35,81	5,57	39,87	7,81	2,22
140	70	4,0	6	10,60	8,32	1,95	323,29	46,18	5,52	51,99	10,29	2,21
140	70	5,0	7	13,09	10,27	1,99	392,65	56,09	5,48	63,67	12,72	2,20
140	70	6,0	7	14,15	12,11	2,01	401,60	62,11	5,60	61,40	13,70	2,35
140	80	3,0	4	8,68	6,81	2,28	278,83	39,83	5,67	57,49	10,05	2,57
140	80	4,0	6	11,40	8,95	2,34	360,30	51,47	5,62	75,03	13,25	2,56

Tabelul 2.15 (continuare)

Dimensiuni, mm				Aria secțiunii cm²	Masa liniară, kg/m	e_y	Mărimile statice pentru axele de încovoiere					
h	b	g	r				I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm
140	75	5,0	7	13,11	10,90	2,10	430,20	61,40	5,50	83,90	15,30	2,50
140	80	5,0	7	14,09	11,06	2,38	438,23	62,60	5,58	91,99	16,38	2,55
140	80	6,0	10	16,61	13,04	2,45	508,04	72,58	5,53	108,64	19,57	2,56
140	100	4,0	6	13,00	10,21	3,16	434,30	62,04	5,78	137,95	20,15	3,26
140	100	5,0	7	16,09	12,63	3,21	529,40	75,63	5,74	169,44	24,94	3,24
140	100	6,0	10	19,01	14,92	3,28	615,84	87,98	5,69	199,77	29,70	3,24
150	50	5,0	7	11,59	9,10	1,23	356,42	47,52	5,55	25,50	6,76	1,48
150	50	6,0	7	12,60	9,45	1,60	380,40	50,11	5,60	32,48	7,01	1,69
150	60	6,0	7	13,72	10,15	1,83	399,72	51,60	5,99	56,13	12,30	2,29
160	25	2,5	4	5,01	4,11	0,31	170,01	20,40	5,01	—	0,90	0,53
160	25	3,0	4	5,98	4,69	0,43	175,09	21,88	5,41	2,24	1,08	0,61
160	40	3,0	4	7,20	5,10	1,50	220,10	30,70	5,30	—	—	1,86
160	40	4,0	6	9,00	7,07	0,84	295,40	36,92	5,73	11,29	3,58	1,12
160	40	5,0	7	10,13	8,08	1,12	340,60	41,30	6,70	13,20	3,90	1,30
160	50	3,0	4	7,48	5,87	1,09	267,53	33,44	5,98	16,27	4,16	1,47
160	50	4,0	6	9,80	7,70	1,14	344,08	43,01	5,92	21,20	5,50	1,47
160	50	5,0	7	12,09	9,49	1,19	417,16	52,14	5,87	25,96	6,81	1,46
160	55	4,0	6	10,80	7,90	1,24	354,09	46,01	6,30	22,34	6,30	1,52
160	60	3,0	4	8,08	6,34	1,42	304,51	38,06	6,14	27,11	5,92	1,83
160	60	4,0	6	10,60	8,32	1,47	392,76	49,09	6,08	35,34	7,80	1,82
160	60	5,0	7	13,09	10,28	1,52	477,24	59,65	6,04	43,28	9,65	1,82
160	60	6,0	10	15,41	12,10	1,57	551,55	68,94	5,98	51,52	11,63	1,83
160	65	5,0	7	14,12	12,20	1,63	490,20	60,70	6,90	44,38	9,95	1,86
160	65	6,0	10	16,01	12,57	1,75	587,14	73,39	6,06	64,24	13,51	2,00
160	65	6,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
160	65	7,0	11	18,45	14,48	1,79	666,63	83,33	6,01	73,96	15,71	2,00
160	65	8,0	13	20,75	16,29	1,84	738,66	92,33	5,97	84,37	18,12	2,02
160	70	4,0	6	11,40	8,95	1,82	441,44	55,18	6,22	54,26	10,48	2,18
160	70	5,0	7	14,09	11,06	1,87	537,32	67,16	6,18	66,50	12,96	2,17
160	75	4,0	6	13,40	9,90	1,89	488,30	60,90	6,15	56,30	11,50	2,20
160	80	3,0	4	9,28	7,28	2,14	378,46	47,31	6,39	60,04	10,25	2,54
160	75	5,0	7	15,10	12,17	2,01	590,30	70,16	6,20	70,50	13,80	2,18
160	80	4,0	6	12,20	9,58	2,20	490,12	61,26	6,34	78,44	13,51	2,53
160	80	5,0	7	15,09	11,85	2,24	597,41	74,67	6,29	96,24	16,71	2,52
160	80	6,0	10	17,81	13,98	2,30	693,92	86,74	6,24	113,78	19,97	2,53
170	45	8,0	13	18,75	14,90	1,21	792,90	79,90	6,31	38,33	10,80	1,65
170	76	8,0	13	28,15	17,01	1,82	1001,50	109,80	6,03	101,01	19,04	2,05
180	45	6,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
180	50	3,0	4	8,08	6,34	1,02	355,66	39,52	6,63	16,77	4,22	1,44
180	50	4,0	6	10,60	8,32	1,07	458,48	50,94	6,57	21,86	5,56	1,43
180	50	5,0	7	13,09	10,27	1,11	557,01	61,89	6,52	26,78	6,89	1,43
180	60	3,0	4	8,68	6,81	1,33	402,65	44,74	6,81	28,01	6,00	1,80
180	60	4,0	6	11,40	8,95	1,38	520,44	57,83	6,75	36,55	7,91	1,79
180	60	5,0	7	14,09	11,06	1,43	633,60	70,40	6,70	44,78	9,79	1,78
180	60	6,0	10	16,61	13,04	1,48	733,69	81,52	6,65	53,32	11,80	1,79
180	70	6,0	—	20,15	16,17	1,82	1901,40	101,80	5,80	103,15	19,03	2,01
180	70	7,0	11	22,90	18,01	1,99	1001,71	118,40	6,01	119,10	41,79	2,12
180	80	4,0	6	13,00	10,21	2,07	644,36	71,60	7,04	81,43	13,74	2,50
180	80	5,0	7	16,09	12,63	2,12	786,76	87,42	6,99	99,97	16,99	2,49
180	80	6,0	10	19,01	14,92	2,18	915,41	101,71	6,94	118,28	20,31	2,49
180	80	7,0	11	21,95	17,23	2,22	1043,32	115,92	6,89	136,04	23,55	2,49

Tabelul 2.15 (contiuuare)

Dimensiuni, mm				Aria secţiunii cm²	Masa, liniară kg/m	e_y	Mărimile statice peotru axele de încovoieue					
h	b	g	r				I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm
180	90	6,0	10	23,70	18,40	2,20	1 100,90	120,00	6,15	144,10	24,90	2,39
180	100	4,0	6	14,60	11,46	2,83	768,29	85,36	7,25	150,39	20,98	3,21
180	100	5,0	7	18,09	14,20	2,88	939,93	104,44	7,21	184,98	25,98	3,20
180	107	6,0	10	21,75	17,41	2,83	1 192,60	135,20	7,01	245,40	33,90	3,09
180	120	6,0	10	23,81	18,69	3,75	1 278,87	142,10	7,33	359,82	43,64	3,89
200	25	3,0	4	7,18	5,63	0,38	314,40	31,44	6,62	2,32	1,09	0,57
200	40	4,0	6	10,60	8,32	0,75	517,24	51,72	6,98	11,87	3,65	1,06
200	40	5,0	7	13,09	10,27	0,79	627,97	62,80	6,93	14,54	4,54	1,05
200	50	3,0	4	8,68	6,81	0,96	459,94	45,99	7,28	17,20	4,26	1,41
200	50	4,0	6	11,40	8,95	1,01	594,08	59,41	7,22	22,43	5,62	1,40
200	50	5,0	7	14,09	11,06	1,05	723,06	72,30	7,16	27,49	6,96	1,40
200	60	3,0	4	9,28	7,28	1,26	518,16	51,81	7,47	28,80	6,07	1,77
200	60	4,0	6	12,20	9,58	1,30	670,93	67,09	7,41	37,60	8,01	1,75
200	60	5,0	7	15,09	11,84	1,35	818,14	81,81	7,36	46,08	9,90	1,75
200	70	4,0	6	13,00	10,21	1,62	747,77	74,78	7,58	57,96	10,78	2,11
200	70	5,0	7	16,09	12,63	1,67	913,22	91,32	7,53	71,10	13,33	2,10
200	70	6,0	10	19,01	14,92	1,72	1 061,99	106,20	7,47	84,34	15,98	2,11
200	70	7,0	11	23,04	18,90	1,80	1 210,90	100,21	7,15	94,30	18,90	2,16
200	80	4,0	6	13,80	10,84	1,96	824,61	82,46	7,75	84,08	13,93	2,47
200	80	5,0	7	17,09	13,42	2,01	1 008,31	100,83	7,68	103,26	17,23	2,46
200	80	6,0	10	20,21	15,86	2,06	1 174,93	117,40	7,62	122,25	20,60	2,46
200	100	4,0	6	15,40	12,09	2,69	978,30	97,83	7,97	155,65	21,31	3,18
200	100	5,0	7	19,09	14,98	2,74	1 198,47	119,85	7,92	191,53	26,38	3,17
200	100	6,0	10	22,61	17,75	2,80	1 400,82	140,08	7,87	226,49	31,46	3,16
200	100	7,0	11	26,15	20,52	2,85	1 601,78	160,18	7,83	260,64	36,44	3,16
200	120	5,0	7	21,09	16,56	3,52	1 388,64	138,86	8,11	315,78	37,26	3,87
210	40	4,0	6	11,00	8,64	0,73	585,46	55,76	7,29	11,98	3,66	1,04
210	40	5,0	7	13,59	10,67	0,77	711,44	67,76	7,23	14,72	4,56	1,04
220	55	7,0	11	15,09	12,60	1,31	1 050,16	92,90	8,13	46,21	10,19	1,73
220	60	5,0	7	16,09	12,63	1,28	1 032,86	93,90	8,01	47,22	10,00	1,71
220	62,5	5,0	7	16,29	12,79	1,34	1 055,98	96,00	8,05	51,82	10,66	1,78
220	70	5,0	7	17,02	13,60	1,31	1 092,90	95,00	8,07	48,20	11,88	1,73
220	70	6,0	10	20,21	15,86	1,64	1 337,44	121,58	8,14	86,63	16,15	2,07
220	70	7,0	11	18,01	13,20	1,89	1 190,04	113,50	8,20	99,19	17,11	2,32
220	80	5,0	7	18,09	14,20	1,91	1 264,03	114,91	8,36	106,19	17,44	2,42
240	65	5,0	7	17,59	13,81	1,36	1 348,81	112,40	8,76	60,55	11,78	1,85
240	90	5,0	7	20,09	15,77	2,16	1 694,02	141,17	9,18	151,29	22,11	2,74
240	120	5,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
250	60	4,0	6	14,20	11,15	1,15	1 157,44	92,59	9,03	39,71	8,18	1,67
250	60	5,0	7	17,59	13,81	1,19	1 415,92	113,27	8,97	48,69	10,13	1,66
250	62,5	5,0	7	17,79	13,96	1,25	1 445,94	115,67	9,02	53,46	10,79	1,73
250	75	5,0	7	19,09	14,98	1,63	1 641,04	131,28	9,27	91,74	15,62	2,19
250	80	4,0	6	15,80	12,41	1,74	1 399,52	111,96	9,41	89,52	14,30	2,38
250	80	5,0	7	19,59	15,38	1,79	1 716,09	137,29	9,36	110,03	17,70	2,37
250	100	5,0	7	21,59	16,95	2,45	2 016,25	161,30	9,66	205,27	27,20	3,08
260	40	4,0	6	13,00	10,21	0,64	1 013,08	77,93	8,83	12,47	3,72	0,98
260	40	5,0	7	16,09	12,63	0,69	1 235,70	95,05	8,76	15,33	4,63	0,98
260	80	5,0	7	20,09	15,77	1,75	1 886,03	145,08	9,69	111,18	17,78	2,55
260	100	5,0	7	22,09	17,34	2,40	2 211,20	170,09	10,00	207,64	27,33	3,06
300	50	4,0	6	13,89	11,70	1,01	1 790,50	118,40	9,39	39,30	8,01	1,38
300	60	4,0	6	16,20	12,72	1,03	1 821,51	121,43	10,60	41,30	8,31	1,60
300	60	5,0	7	20,09	15,77	1,07	2 233,59	148,91	10,54	50,67	10,28	1,59
300	80	4,0	6	17,80	13,98	1,57	2 172,00	144,80	11,04	93,75	14,57	2,29
300	80	5,0	7	22,09	17,34	1,61	2 668,76	177,92	10,99	115,28	18,04	2,28

Tabelul 2.15 (continuare)

Dimensiuni, mm				Aria secțiunii cm²	Masa liniară kg/m	e_y	Mărimile statice pentru axele de încovoiere					
h	b	g	r				I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm
320	45	5,0	7	19,59	15,38	0,71	2257,11	141,07	10,73	22,32	5,89	1,07
320	50	5,0	7	21,50	16,30	0,73	2616,10	153,01	10,83	24,11	6,80	1,00
320	80	5,0	7	23,09	18,13	1,55	3125,40	195,34	11,63	117,06	18,15	2,25

Observații:

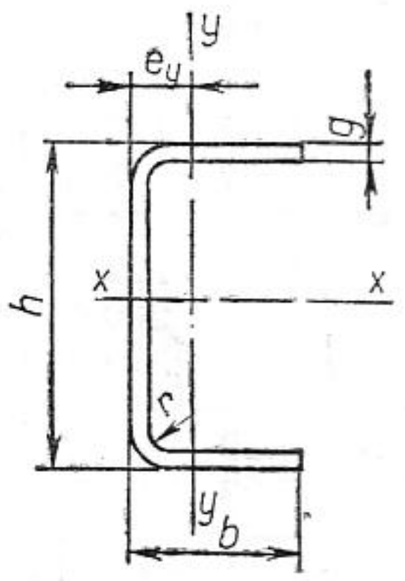
— dimensiunile sînt extrase din STAS 7835/1-80;

— material: bandă laminată la cald (BC) sau la rece (BR), oțel OL 32, OL 37.1, OL 37.3, OL 37.2 STAS 500/2-80 și RCA 37.1, RCA 37.2 STAS 500/3-80;

— lungimi fixe: 3...12 m; prin înțelegere între părți se pot livra și lungimi de 15 m;

— exemplu de notare: U 80 × 60 × 4BC OL 37-1n/STAS 7835/1-80.

Tabelul 2.16



Profil U cu aripi egale din oțel cu rezistența la rupere peste 490 N/mm²

Dimensiuni, mm				Secțiunea, cm³	Masa, kg/m	e_y cm	Mărimile statice pentru axele de încovoiere:					
							$X-X$			$Y-Y$		
h	b	g	r				I_x, cm⁴	W_x, cm³	i_x, cm	I_y, cm⁴	W_y, cm³	i_y, cm
40	18	3,0	6	1,91	1,50	0,59	3,93	1,97	1,44	0,54	0,45	0,53
49	27	3,0	6	2,72	2,13	0,88	9,43	3,85	1,86	1,90	1,04	0,84
50	27	5,0	10	4,16	3,27	0,99	13,16	5,26	1,78	2,68	1,57	0,80
60	40	3,0	6	3,83	3,00	1,32	21,73	7,24	2,38	6,22	2,32	1,27
60	40	4,0	8	4,94	3,88	1,38	26,79	8,93	2,33	7,81	2,98	1,26
60	40	5,0	10	5,96	4,68	1,44	30,85	10,28	2,27	9,16	3,58	1,24
60	50	3,0	6	4,43	3,48	1,75	26,61	8,87	2,45	11,52	3,54	1,61
60	50	4,0	8	5,74	4,50	1,81	33,07	11,02	2,40	14,58	4,58	1,59
60	50	5,0	10	6,96	5,47	1,88	38,43	12,81	2,35	17,24	5,53	1,57
60	60	3,0	6	5,03	3,95	2,20	31,49	10,50	2,50	19,01	5,00	1,94
60	60	4,0	8	6,54	5,13	2,37	39,36	13,12	2,45	24,18	6,48	1,92
60	60	5,0	10	7,96	6,25	2,34	46,01	15,34	2,40	28,76	7,85	1,90
64	18	3,0	6	2,63	2,06	0,47	12,98	4,06	2,22	0,65	0,49	0,50
80	40	3,0	6	4,43	3,48	1,16	42,66	10,67	3,10	6,93	2,44	1,25
80	40	4,0	8	5,74	4,50	1,21	53,27	13,32	3,05	8,78	3,15	1,24
80	40	5,0	10	6,96	5,47	1,27	62,20	15,55	2,99	10,40	3,81	1,22

Tabelul 2.16 (continuare)

Dimensiuni, mm				Secțiunea, cm²	Masa, kg/m	e_y, cm	Mărimile statice pentru axele de încovoiere					
							X—X			*Y—Y*		
h	*b*	*g*	*r*				I_x, cm⁴	W_x, cm³	i_x, cm	I_y, cm⁴	W_y, cm³	i_y, cm
80	50	3,0	6	5,03	3,95	1,56	51,56	12,89	3,20	12,88	3,74	1,60
80	50	4,0	8	6,54	5,13	1,62	64,84	16,21	3,15	16,42	4,85	1,58
80	50	5,0	10	7,96	6,25	1,68	76,28	19,07	3,10	19,59	5,90	1,57
80	60	3,0	6	5,63	4,42	1,98	60,46	15,11	3,28	21,26	5,29	1,94
80	60	4,0	8	7,34	5,76	2,04	76,40	19,10	3,23	27,23	6,88	1,93
80	60	5,0	10	8,96	7,04	2,10	90,37	22,59	3,18	32,66	8,38	1,91
80	80	3,0	6	6,83	5,36	2,86	78,25	19,56	3,39	46,60	9,07	2,61
80	80	4,0	8	8,94	7,02	2,93	99,53	24,88	3,34	60,08	11,85	2,59
80	80	5,0	10	10,96	8,61	3,00	118,53	29,63	3,29	72,51	14,50	2,57
100	40	3,0	6	5,03	3,95	1,04	72,44	14,49	3,80	7,47	2,52	1,22
100	40	4,0	8	6,54	5,13	1,09	91,23	18,25	3,74	9,51	3,27	1,21
100	40	5,0	10	7,96	6,25	1,14	107,48	21,50	3,67	11,34	3,97	1,19
100	40	6,0	13	9,26	7,27	1,21	119,91	23,98	3,60	12,89	4,62	1,18
100	50	3,0	6	5,63	4,42	1,41	86,56	17,31	3,92	13,94	3,88	1,57
100	50	4,0	8	7,34	5,76	1,46	109,67	21,93	3,87	17,86	5,05	1,56
100	50	5,0	10	8,96	7,04	1,52	130,06	26,01	3,81	21,43	6,15	1,55
100	50	6,0	13	10,46	8,21	1,58	146,45	29,29	3,74	24,51	7,18	1,53
100	60	4,0	8	8,14	6,39	1,86	128,12	25,62	3,97	29,69	7,17	1,91
100	60	5,0	10	9,96	7,82	1,92	152,65	30,53	3,91	35,77	8,76	1,89
100	70	6,0	13	12,86	10,09	2,41	199,54	39,91	3,94	63,36	13,80	2,22
100	80	3,0	6	7,43	5,83	2,64	128,92	25,78	4,17	50,66	9,45	2,61
100	80	4,0	8	9,74	7,64	2,70	165,00	33,00	4,12	65,55	12,38	2,59
100	80	5,0	10	11,96	9,39	2,77	197,81	39,56	4,07	79,45	15,18	2,58
100	80	6,0	13	14,06	11,03	2,84	226,08	45,22	4,01	91,90	17,82	2,56
100	100	4,0	8	11,34	8,90	3,59	201,89	40,38	4,22	120,56	18,82	3,26
100	100	5,0	10	13,96	10,96	3,66	242,98	48,60	4,17	146,67	23,14	3,24
110	70	3,0	6	7,13	5,59	2,13	142,56	25,92	4,47	36,43	7,48	2,26
120	40	3,0	6	5,63	4,42	0,94	112,28	18,71	4,47	7,90	2,58	1,18
120	40	4,0	8	7,34	5,76	0,99	142,26	23,71	4,40	10,09	3,35	1,17
120	40	5,0	10	8,96	7,04	1,04	168,69	28,11	4,34	12,07	4,08	1,16
120	40	6,0	13	10,46	8,21	1,10	189,70	31,62	4,26	13,80	4,76	1,15
120	45	3,0	6	5,93	4,65	1,11	122,55	20,42	4,55	11,02	3,25	1,36
120	45	4,0	8	7,74	6,07	1,16	155,72	25,95	4,49	14,12	4,23	1,35
120	45	5,0	10	9,46	7,43	1,21	185,23	30,87	4,42	16,95	5,16	1,34
120	50	3,0	6	6,23	4,89	1,29	132,82	22,14	4,62	14,81	3,99	1,54
120	50	4,0	8	8,14	6,39	1,34	169,19	28,20	4,56	19,02	5,19	1,53
120	50	5,0	10	9,96	7,82	1,39	201,77	33,63	4,50	22,89	6,34	1,52
120	50	5,5	13	10,75	8,44	1,43	213,09	35,51	4,45	24,50	6,87	1,51
120	50	6,0	13	11,66	9,15	1,45	228,72	38,12	4,43	26,32	7,42	1,50
120	55	6,0	13	12,26	9,62	1,64	248,23	41,37	4,50	34,56	8,95	1,68
120	55	7,0	15	14,01	11,00	1,70	276,09	46,01	4,44	38,84	10,21	1,67
120	60	3,0	6	6,83	5,36	1,66	153,35	25,56	4,74	24,57	5,66	1,90
120	60	4,0	8	8,94	7,02	1,71	196,11	32,68	4,68	31,70	7,39	1,88
120	60	5,0	10	10,96	8,61	1,77	234,86	39,14	4,63	38,32	9,05	1,87
120	60	6,0	13	12,86	10,09	1,83	267,75	44,62	4,56	44,25	10,61	1,86
120	70	4,0	8	9,74	7,64	2,10	223,03	37,17	4,79	48,61	9,93	2,23
120	70	8,0	19	17,94	14,08	2,37	370,42	61,74	4,54	84,43	18,24	2,17
120	80	3,0	6	8,03	6,30	2,46	194,43	32,41	4,92	54,11	9,76	2,60
120	80	4,0	8	10,54	8,27	2,51	249,95	41,66	4,87	70,20	2,80	2,58
120	80	5,0	10	12,96	10,18	2,57	301,02	50,17	4,82	85,32	15,72	2,57
120	80	6,0	13	15,26	11,98	2,64	345,79	57,63	4,76	99,09	18,50	2,55

Tabelul 2.16 (continuare)

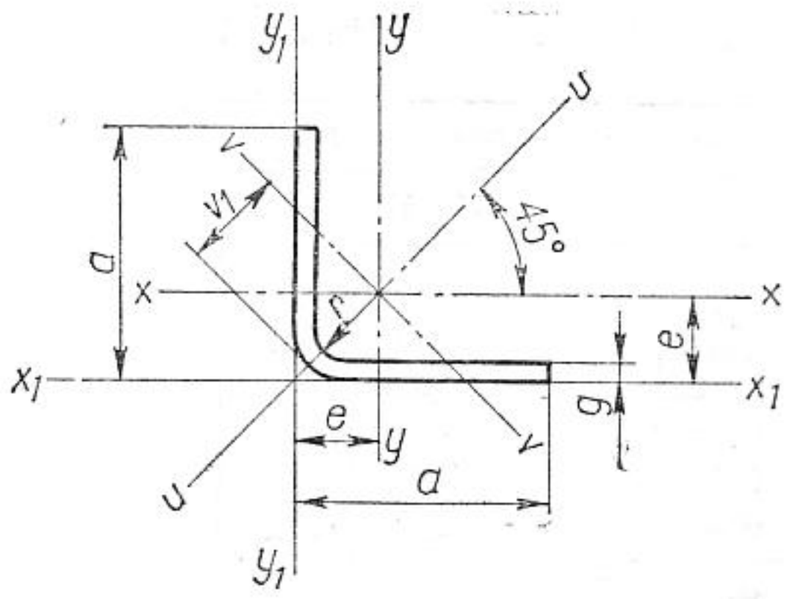
Dimensiuni, mm				Secțiunea, cm²	Masa, kg/m	e_y, cm	Mărimile statice pentru axele de încovoiere:					
							X—X			Y—Y		
h	b	g	r				I_x, cm$_6$	W_x, cm³	i_x, cm	I_y, cm$_6$	W_y, cm³	i_y, cm
120	100	4,0	8	12,14	9,53	3,37	303,80	50,63	5,00	129,17	19,48	3,26
120	100	5,0	10	14,96	11,75	3,43	367,19	61,20	4,95	157,55	23,99	3,24
120	100	6,0	13	17,66	13,86	3,51	423,84	70,64	4,90	183,68	28,29	3,23
120	120	4,0	8	13,74	10,78	4,26	357,64	59,61	5,10	212,02	27,39	3,93
120	120	5,0	10	16,96	13,32	4,32	433,36	72,23	5,05	259,25	33,78	3,91
120	120	6,0	13	20,06	15,74	4,40	501,89	83,65	5,00	303,08	39,90	3,89
140	40	3,0	6	6,23	4,89	0,87	163,37	23,34	5,12	8,24	2,63	1,15
140	40	4,0	8	8,14	6,39	0,92	207,97	29,71	5,06	10,55	3,42	1,14
140	40	5,0	10	9,96	7,82	0,96	247,82	35,40	4,99	12,66	4,17	1,13
140	50	3,0	6	6,83	5,36	1,19	191,53	27,36	5,30	15,52	4,07	1,51
140	50	4,0	8	8,94	7,02	1,24	244,97	35,00	5,24	19,98	5,31	1,50
140	50	5,0	10	10,96	8,61	1,29	293,41	41,92	5,17	24,10	6,49	1,48
140	60	3,0	6	7,43	5,83	1,53	219,68	31,38	5,44	25,83	5,78	1,86
140	60	4,0	8	9,74	7,64	1,59	281,97	40,28	5,38	33,39	7,57	1,85
140	60	5,0	10	11,96	9,39	1,64	338,99	48,43	5,32	40,45	9,28	1,84
140	60	6,0	13	14,06	11,03	1,70	388,21	55,46	5,26	46,85	10,90	1,83
140	60	7,0	15	16,11	12,65	1,75	434,58	62,08	5,19	52,90	12,46	1,81
140	70	3,0	6	8,03	6,30	1,91	247,84	35,41	5,56	39,56	7,77	2,22
140	70	4,0	8	10,54	8,27	1,96	318,98	45,57	5,50	51,30	10,18	2,21
140	70	5,0	10	12,96	10,18	2,01	384,57	54,94	5,45	62,33	12,50	2,19
140	70	6,0	13	15,26	11,98	2,08	442,11	63,16	5,38	72,43	14,71	2,18
140	75	5,0	10	13,46	10,57	2,21	407,36	58,19	5,50	75,54	14,28	2,37
140	80	3,0	6	8,63	6,77	2,30	276,00	39,43	5,66	57,08	10,01	2,57
140	80	4,0	8	11,34	8,90	2,35	355,98	50,85	5,60	74,19	13,13	2,56
140	80	5,0	10	13,96	10,96	2,41	430,16	61,45	5,55	90,35	16,16	2,54
140	80	6,0	13	16,46	12,92	2,47	496,02	70,86	5,49	105,24	19,04	2,53
140	100	4,0	8	12,94	10,16	3,17	429,98	61,43	5,77	136,72	20,03	3,25
140	100	5,0	10	15,96	12,53	3,23	521,32	74,47	5,71	167,06	24,69	3,24
140	100	6,0	13	18,86	14,80	3,30	603,82	86,26	5,66	195,28	29,16	3,22
160	40	4,0	8	8,94	7,02	0,85	289,95	36,24	5,70	10,93	3,47	1,11
160	50	3,0	6	7,43	5,83	1,10	263,89	32,99	5,96	16,11	4,13	1,47
160	50	4,0	8	9,74	7,64	1,15	338,63	42,33	5,90	20,78	5,40	1,46
160	50	5,0	10	11,96	9,39	1,20	406,97	50,87	5,83	25,11	6,61	1,45
160	55	4,0	8	10,14	7,96	1,31	362,97	45,37	5,98	27,24	6,51	1,64
160	60	3,0	6	8,03	6,30	1,43	300,87	37,61	6,12	26,90	5,89	1,83
160	60	4,0	8	10,54	8,27	1,48	387,31	48,41	6,05	34,82	7,71	1,82
160	60	5,0	10	12,96	10,18	1,53	467,05	58,38	6,00	42,25	9,46	1,81
160	60	6,0	13	15,26	11,98	1,59	536,78	67,10	5,93	49,05	11,12	1,79
160	65	5,0	10	13,46	10,57	1,71	497,09	62,14	6,08	52,97	11,05	1,98
160	65	6,0	13	15,86	12,45	1,77	572,37	71,55	5,01	61,60	13,01	1,97
160	65	7,0	15	18,21	14,29	1,82	643,92	80,49	5,95	69,80	14,91	1,96
160	65	8,0	19	20,34	15,97	1,89	699,65	87,46	5,86	76,94	16,69	1,94
160	70	4,0	8	11,34	8,90	1,84	435,99	54,50	6,20	53,26	10,38	2,17
160	70	5,0	10	13,96	10,96	1,89	527,14	65,89	6,14	65,24	12,76	2,16
160	75	4,0	8	11,74	9,21	2,02	460,33	57,54	6,26	64,95	11,85	2,35
160	75	5,0	10	14,46	11,35	2,07	557,18	69,65	6,21	79,13	14,58	2,34
160	80	3,0	6	9,23	7,24	2,16	374,82	46,85	6,37	59,67	10,21	2,54
160	80	4,0	8	12,14	9,53	2,21	484,68	60,58	6,32	77,66	13,41	2,53
160	80	5,0	10	14,96	11,75	2,26	587,22	73,40	6,26	94,72	16,51	2,52
160	80	6,0	13	17,66	13,86	2,33	679,15	84,89	6,20	110,56	19,48	2,50

Tabelul 2.16 (continuare)

Dimensiuni, mm				Secțiunea, cm²	Masa kg/m	e_y cm	Mărimile statice pentru axele de încovoiere:					
							X—X			Y—Y		
h	b	g	r				I_x, cm⁴	W_x, cm³	i_x, cm	i_y, cm⁴	W_y, cm³	i_y, cm
180	50	3,0	6	8,03	6,30	1,03	351,10	39,01	6,61	16,62	4,19	1,44
180	50	4,0	8	10,54	8,27	1,08	451,76	50,20	6,55	21,46	5,47	1,43
180	50	5,0	10	12,96	10,18	1,13	544,46	60,50	6,48	25,96	6,70	1,42
180	60	3,0	6	8,63	6,77	1,34	398,10	44,23	6,79	27,82	5,97	1,80
180	60	4,0	8	11,34	8,90	1,39	513,72	57,08	6,73	36,05	7,82	1,78
180	60	5,0	10	13,96	10,96	1,44	621,04	69,00	6,67	43,80	9,60	1,77
180	60	6,0	13	16,46	12,92	1,50	715,87	79,54	6,60	50,94	11,31	1,76
180	70	6,0	13	17,66	13,86	1,84	806,73	89,64	6,76	79,05	15,31	2,12
180	80	4,0	8	12,94	10,16	2,08	637,65	70,85	7,02	80,70	13,64	2,50
180	80	5,0	10	15,96	12,53	2,14	774,21	86,02	6,96	98,54	16,81	2,48
180	80	6,0	13	18,86	14,80	2,20	897,60	99,73	6,90	115,20	19,85	2,47
180	100	4,0	8	14,54	11,41	2,85	761,57	84,62	7,24	149,32	20,78	3,21
180	100	5,0	10	17,96	14,10	2,90	927,38	103,04	7,19	182,92	25,77	3,19
180	107	6,0	13	22,10	17,35	3,25	1 142,93	126,99	7,19	258,67	34,70	3,42
200	50	3,0	6	8,63	6,77	0,97	454,37	45,44	7,26	17,06	4,23	1,41
200	50	4,0	8	11,34	8,90	1,02	585,96	58,60	7,19	22,04	5,53	1,39
200	50	5,0	10	13,96	10,96	1,06	707,87	70,79	7,12	26,70	6,78	1,38
200	60	3,0	6	9,23	7,24	1,26	512,59	51,26	7,45	28,62	6,04	1,76
200	60	4,0	8	12,14	9,53	1,31	662,81	66,28	7,39	37,12	7,92	1,75
200	60	5,0	10	14,96	11,75	1,36	802,96	80,30	7,33	45,14	9,73	1,74
200	70	4,0	8	12,94	10,16	1,63	739,65	73,97	7,56	57,39	10,69	2,11
200	70	5,0	10	15,96	12,53	1,68	898,04	89,80	7,50	69,98	13,16	2,09
200	70	6,0	13	18,86	14,80	1,74	1 040,81	104,08	7,43	81,74	15,53	2,08
200	80	4,0	8	13,74	10,78	1,97	816,49	81,65	7,71	83,39	13,84	2,46
200	80	5,0	10	16,96	13,32	2,03	993,12	99,31	7,65	101,91	17,06	2,45
200	80	6,0	13	20,06	15,74	2,08	1 153,76	115,38	7,58	119,29	20,16	2,44
200	100	4,0	8	15,34	12,04	2,71	970,18	97,02	7,95	154,64	21,21	3,18
200	100	5,0	10	18,96	14,89	2,76	1 183,29	118,33	7,90	189,60	26,19	3,16
220	70	5,0	10	16,96	13,32	1,60	1 130,38	102,76	8,16	71,93	13,32	2,06
220	70	6,0	13	20,06	15,74	1,65	1 312,60	119,33	8,09	84,11	15,73	2,05
220	80	5,0	10	17,96	14,10	1,93	1 245,97	113,27	8,33	104,91	17,27	2,42
240	120	5,0	10	22,96	18,03	3,26	2 087,07	173,92	9,53	332,96	38,10	3,81
250	60	4,0	8	14,14	11,10	1,16	1 145,21	91,62	9,00	39,28	8,11	1,67
250	60	5,0	10	17,46	13,71	1,20	1 393,05	111,44	8,93	47,83	9,97	1,66
250	80	4,0	8	15,74	12,35	1,75	1 387,30	110,98	9,39	88,91	14,22	2,38
250	80	5,0	10	19,46	15,28	1,80	1 693,22	135,46	9,33	108,83	17,55	2,36
300	50	4,0	8	15,34	12,04	0,80	1 629,08	108,61	10,31	24,07	5,74	1,25
300	60	4,0	8	16,14	12,67	1,04	1 804,33	120,29	10,57	40,90	8,24	1,59
300	60	5,0	10	19,96	15,67	1,08	2 201,45	146,76	10,50	49,87	10,14	1,58
300	80	4,0	8	17,74	13,92	1,57	2 154,81	143,65	11,02	93,20	14,50	2,29

Observații:

— dimensiunile sînt extrase din STAS 7835/2-80;
— material: oțel de uz general pentru construcții mărcile: OL 42 conform STAS 500/2-80, RCB 52 conform STAS 500/3-80 și L 42 conform STAS 11505-80.
— lungimi fixe: 3 . . . 12 m; prin înțelegere între părți se pot livra și lungimi de 15 mm
— exemplu de notare: U 80×60×4 OL 52/STAS 7835/2-80.



Tabelul 2.17

Oțel cornier cu aripi egale, formate la rece din bandă de oțel cu rezistența pînă la 490 N/mm²

Dimensiuni, mm			Aria secțiunii, cm²	Masa kg/m	Distanța axelor		Mărimile statice pentru axele de încovoiere									
							$X-X=Y-Y$			$U-U$			$V-V$			X_1-X_1
a	g	r			e, cm	v_1, cm	I_x, cm⁴	W_x, cm³	i_x, cm	I_u, cm⁴	W_u, cm³	i_u, cm	I_v, cm⁴	W_v, cm³	i_v, cm	I_{x1}, cm⁴
20	1,0	2	0,38	0,30	0,55	0,66	0,15	0,11	0,63	0,25	0,17	0,81	0,06	0,0	0, 9	0,27
20	1,5	2	0,56	0,44	0,57	0,66	0,22	0,15	0,63	0,36	0,25	0,80	0,08	0,12	0,39	0,40
20	2,0	3	0,73	0,57	0,60	0,64	0,29	0,20	0,63	0,46	0,32	0,79	0,11	0,16	0,40	0,55
20	2,5	3	0,89	0,70	0,62	0,65	0,35	0,25	0,62	0,55	0,39	0,79	0,14	0,20	0,40	0,69
20	3,0	3	1,06	0,90	0,64	0,67	0,37	0,29	0,62	0,65	0,50	0,79	0,17	0,24	0,40	0,80
25	1,5	2	0,71	0,56	0,70	0,84	0,44	0,24	0,79	0,71	0,40	1,00	0,17	0,19	0,49	0,79
25	2,0	3	0,93	0,73	0,72	0,82	0,57	0,32	0,79	0,92	0,52	1,00	0,22	0,25	0,49	1,06
25	2,5	3	1,14	0,90	0,74	0,82	0,69	0,40	0,78	1,12	0,63	0,99	0,27	0,30	0,49	1,33
25	3,0	4	1,34	1,05	0,77	0,80	0,82	0,47	0,78	1,30	0,74	0,99	0,34	0,38	0,50	1,62
28	2,5	3	1,29	1,01	0,82	0,93	0,99	0,50	0,88	1,60	0,81	1,11	0,38	0,38	0,54	1,86
30	1,5	2	0,86	0,67	0,82	1,02	0,77	0,36	0,95	1,25	0,59	1,21	0,30	0,28	0,59	1,36
30	2,0	3	1,13	0,88	0,85	1,00	1,01	0,47	0,95	1,63	0,77	1,20	0,38	0,36	0,58	1,82
30	2,5	3	1,39	1,09	0,87	1,00	1,23	0,58	0,94	1,98	0,93	1,19	0,47	0,44	0,58	2,28
30	3,0	4	1,64	1,29	0,90	0,98	1,44	0,69	0,94	2,32	1,09	1,19	0,57	0,53	0,59	2,76
30	3,5	4	1,75	1,35	0,92	0,97	1,54	0,72	0,94	2,50	1,18	1,19	0,60	0,56	0,59	2,90
32	1,5	2	0,92	0,72	0,87	1,09	0,94	0,41	1,01	1,53	0,67	1,29	0,36	0,32	0,63	1,64
32	2,0	3	1,21	0,95	0,90	1,06	1,23	0,53	1,01	1,99	0,88	1,28	0,47	0,41	0,62	2,20
32	2,5	3	1,49	1,17	0,92	1,07	1,50	0,66	1,00	2,43	1,07	1,28	0,58	0,50	0,62	2,76
32	3,0	4	1,76	1,38	0,95	1,05	1,76	0,78	1,00	2,84	1,26	1,27	0,69	0,60	0,63	2,34
35	2,0	3	1,39	1,12	1,07	1,28	1,82	0,73	1,18	2,99	1,22	1,53	0,72	0,67	0,78	3,50
35	3,0	4	2,06	1,60	1,06	1,14	2,64	1,00	1,19	4,20	1,81	1,54	1,00	0,83	0,70	4,82
35	3,5	6	2,40	1,81	1,15	1,11	3,01	1,23	1,20	4,72	1,90	1,62	1,23	1,00	0,77	5,72
35	3,75	6	2,44	1,87	1,21	1,43	3,60	1,28	1,33	5,80	2,20	1,71	1,41	1,06	0,77	6,60
35	5,0	7	3,30	2,50	1,23	1,24	5,50	2,01	1,24	8,79	3,09	1,51	2,30	1,60	0,82	11,00
36	3,5	6	2,28	1,79	1,08	1,13	2,94	1,17	1,14	4,69	1,84	1,43	1,19	0,94	0,72	5,60

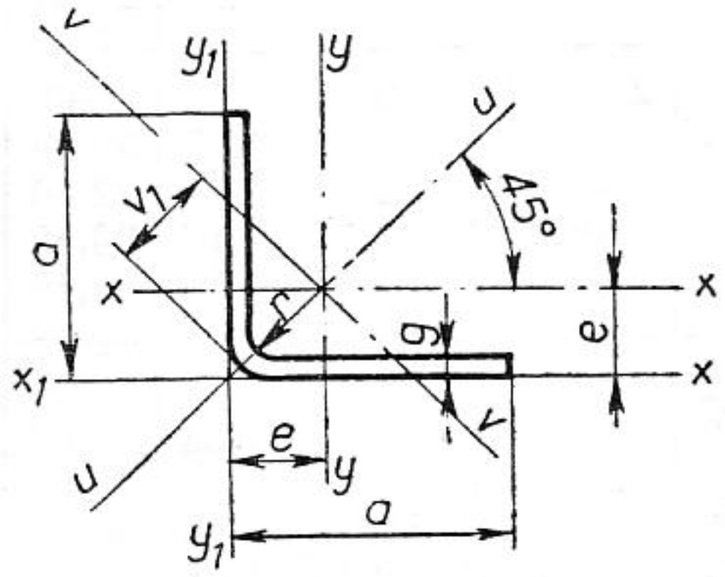
Tabelul 2.17 (continuare)

Dimensiuni, mm			Aria secțiunii cm²	Masa kg/m	Distanța axelor		Mărimile statice pentru axele de încovoiere									
							$X-X=Y-Y$			$U-U$			$V-V$			X_1-X_1
a	g	r			e, cm	v_1 cm	I_x, cm⁴	W_x, cm³	i_x, cm	I_u, cm⁴	W_u, cm³	i_u, cm	I_v, cm⁴	W_v, cm³	i_v, cm	I_{x1}, cm⁴
38	3,0	3	1,72	1,39	1,10	1,31	3,60	1,00	1,21	4,70	1,69	1,54	1,10	0,79	0,77	5,28
40	2,0	3	1,53	1,20	1,10	1,35	2,45	0,84	1,27	3,96	1,40	1,61	0,94	0,66	0,78	4,29
40	2,5	3	1,89	1,49	1,12	1,35	3,00	1,04	1,26	4,85	1,72	1,60	1,15	0,81	0,78	5,37
40	3,0	4	2,24	1,76	1,14	1,33	3,53	1,24	1,26	5,71	2,02	1,60	1,35	0,95	0,78	6,47
40	3,5	6	2,60	1,92	1,18	1,38	3,83	1,44	1,21	6,80	2,36	1,70	1,63	1,00	0,79	7,63
40	3,75	6	2,82	2,20	1,15	1,21	4,50	1,60	1,22	7,31	2,49	1,48	1,79	1,24	0,72	8,60
40	4	6	2,90	2,28	1,20	1,28	4,58	1,63	1,26	7,33	2,59	1,59	1,82	1,29	0,79	8,75
40	4,75	6	3,10	2,45	1,36	1,42	4,66	1,69	1,34	7,52	2,64	1,69	1,93	1,44	0,82	8,90
40	5	7	3,55	2,78	1,25	1,27	5,59	2,03	1,26	8,81	3,11	1,58	2,37	1,67	0,82	11,11
40	6	10	4,11	3,22	1,31	1,19	6,86	2,56	1,29	10,13	3,58	1,57	3,60	2,58	0,94	13,95
45	2,0	3	1,73	1,35	1,22	1,52	3,51	1,07	1,43	5,68	1,79	1,81	1,35	0,85	0,88	6,10
45	2,5	3	2,14	1,68	1,24	1,53	4,32	1,33	1,42	6,98	2,19	1,81	1,66	1,04	0,88	7,63
45	3,0	4	2,54	1,99	1,27	1,51	5,09	1,58	1,42	8,24	2,59	1,80	1,95	1,22	0,88	9,18
45	3,5	6	3,20	2,49	1,28	1,38	6,40	1,98	1,38	10,45	3,20	1,64	2,37	1,53	0,79	12,01
45	4,0	6	3,30	2,59	1,32	1,46	6,59	2,08	1,41	10,61	3,34	1,79	2,57	1,61	0,88	12,38
45	3,75	6	3,40	2,64	1,31	1,49	6,90	2,20	1,53	10,75	3,45	1,83	2,70	1,71	0,89	12,46
45	5,0	7	4,05	3,18	1,37	1,44	8,04	2,57	1,41	12,82	4,03	1,78	3,26	2,04	0,90	15,65
45	4,5	7	4,50	3,28	1,42	1,52	8,20	2,70	1,51	13,01	4,12	1,90	3,50	2,25	0,99	16,07
50	2,5	3	2,39	1,88	1,37	1,71	5,98	1,65	1,58	9,66	2,73	2,01	2,30	1,29	0,98	10,45
50	3,0	4	2,84	2,23	1,39	1,68	7,06	1,96	1,58	11,42	3,23	2,01	2,70	1,52	0,97	12,58
50	3,5	6	3,50	2,80	1,35	1,53	9,04	2,47	1,47	14,56	4,04	1,82	3,12	1,59	0,92	16,71
50	3,75	6	3,80	2,99	1,55	1,78	9,44	2,77	1,76	14,96	4,37	2,16	3,62	1,09	0,98	17,11
50	4,0	6	3,70	2,91	1,45	1,63	9,14	2,57	1,57	14,76	4,17	2,00	3,52	1,99	0,98	16,91
50	4,5	7	4,45	3,47	1,40	1,52	11,10	3,08	1,37	16,90	4,80	1,68	4,21	2,18	0,98	20,30
50	5,0	7	4,55	3,57	1,50	1,62	11,15	3,18	1,57	17,89	5,06	1,98	4,41	2,48	0,98	21,32
55	5,0	7	5,05	3,96	1,62	1,79	14,99	3,86	1,72	24,15	6,21	2,19	5,84	2,99	1,08	28,23
60	3,0	4	3,44	2,70	1,64	2,03	12,39	2,84	1,90	20,03	4,72	2,41	4,75	2,23	1,18	21,69
60	4,0	6	4,50	3,53	1,70	1,99	16,09	3,74	1,89	26,04	6,14	2,40	6,15	2,89	1,17	29,06
60	4,5	6	4,52	3,80	1,72	1,98	17,90	3,99	1,88	26,14	6,80	2,41	6,70	2,99	1,17	32,06
60	5,0	7	5,55	4,35	1,74	1,97	19,65	4,62	1,88	31,72	7,48	2,39	7,58	3,56	1,17	36,52
60	6,0	10	6,51	5,11	1,81	1,89	23,26	5,55	1,89	37,07	8,74	2,39	9,44	4,47	1,20	44,49
63	3,0	4	3,62	2,84	1,72	2,14	14,40	3,14	1,99	23,27	5,22	2,54	5,53	2,47	1,24	25,09
63	3,5	6	4,64	3,70	1,71	2,01	18,62	4,11	1,89	29,29	6,50	2,54	6,80	3,01	1,24	30,07
63	4,0	6	4,74	3,72	1,77	2,09	18,72	4,13	1,99	30,29	6,80	2,53	7,15	3,20	1,23	33,61
63	5,0	7	5,85	4,59	1,82	2,08	22,87	5,10	1,98	36,95	8,29	2,51	8,79	3,93	1,23	42,21
63	6,0	10	6,87	5,39	1,88	2,00	27,03	6,12	1,98	43,24	9,71	2,51	10,82	4,88	1,26	51,32
65	5,0	7	6,90	4,80	1,87	2,09	21,60	5,01	1,88	34,95	7,89	3,49	8,15	3,80	1,23	40,20
70	3,0	4	4,04	3,17	1,89	2,39	19,91	3,90	2,22	32,15	6,50	2,82	7,67	3,09	1,38	34,39
70	3,5	6	5,15	4,01	1,92	2,32	22,92	5,01	2,21	40,80	7,90	2,80	8,95	3,79	1,37	44,01
70	4,0	6	5,30	4,16	1,95	2,34	25,92	5,13	2,21	41,95	8,48	2,81	9,90	3,99	1,37	46,01
70	5,0	7	6,55	5,14	1,99	2,32	31,72	6,34	2,20	51,31	10,37	2,80	12,14	4,89	1,36	57,73
70	6,0	10	7,71	6,05	2,05	2,24	37,43	7,57	2,20	60,21	12,16	2,80	14,66	5,94	1,38	69,96
70	7,0	11	8,87	6,97	2,10	2,23	42,98	8,78	2,20	68,70	13,88	2,78	17,27	6,99	1,39	82,22
75	4,0	6	5,70	4,48	2,07	2,51	32,08	5,91	2,37	51,90	9,79	3,02	12,26	4,61	1,47	56,54
75	5,0	7	7,05	5,53	2,12	2,50	39,29	7,30	2,36	63,57	11,99	3,00	15,01	5,64	1,46	70,90
75	6,0	10	8,31	6,52	2,18	2,42	46,34	8,71	2,36	74,71	14,09	3,00	17,97	6,79	1,47	85,77

Tabelul 2.17 (continuare)

Dimensiuni, mm			Aria secțiunii cm²	Masa, kg/m	Distanța axelor, mm		Mărimea statice pentru axele de încovoiere									
							$X—X=Y—Y$			$U—U$			$V—V$			$X_1—X_1$
a	g	r			e, cm	v_1, cm	I_x, cm⁴	W_x, cm³	i_x, cm	I_u, cm	W_u, cm³	i_u, cm	I_v, cm⁴	W_v, cm³	i_v, cm	I_{x1} cm⁴
80	3,0	4	4,64	3,64	2,14	2,74	29,99	5,12	2,54	48,39	8,55	3,23	11,59	4,09	1,58	51,30
80	4,0	6	6,10	4,79	2,20	2,69	39,14	6,74	2,53	63,30	11,19	3,22	14,98	5,28	1,57	68,57
80	5,0	7	7,55	5,92	2,24	2,67	47,99	8,33	2,52	77,64	13,72	3,21	18,33	6,46	1,56	85,94
80	6,0	10	8,91	6,99	2,30	2,59	56,59	9,93	2,52	91,38	16,15	3,20	21,80	7,72	1,56	103,84
80	7,0	11	10,27	8,07	2,35	2,58	64,98	11,50	2,51	104,57	18,49	3,19	25,38	8,98	1,57	121,76
85	7,0	13	12,50	10,09	2,81	2.63	74,53	14,01	2,60	120,21	23,72	3,18	31,60	12,50	1,40	145,50
90	3,0	4	5,24	4,11	2,39	3,09	43,01	6,51	2,87	69,33	10,89	3,64	16,68	5,23	1,78	73,01
90	4,0	6	6,90	5,42	2,45	3,04	56,24	8,58	2,85	90,90	14,28	3,63	21,58	6,77	1,77	97,52
90	5,0	7	8,55	6,71	2,49	3,03	69,07	10,61	2,84	111,72	17,56	3,62	26,41	8,27	1,76	122,15
90	7,0	11	11,67	9,16	2,60	2,93	93,61	14,63	2,83	151,16	23,75	3,60	36,07	11,33	1,76	172,51
92	7,0	13	13,28	11,44	2,68	2,98	108,60	17,60	3,01	172,70	28,78	3,71	42,60	14,03	1,76	200,50
100	4,0	6	7,70	6,05	2,70	3,40	77,72	10,64	3,18	125,53	17,75	4,04	29,91	8,44	1,97	133,60
100	4,5	6	8,70	6,80	2,90	4,10	80,70	12,60	3,82	140,50	20,75	5,80	31,90	9,80	2,21	140,66
100	5,0	7	9,55	7,49	2,74	3,38	95,59	13,17	3,16	154,56	21,86	4,02	36,63	10,33	1,96	167,3
100	6,0	10	11,31	8,87	2,80	3,30	112,85	15,68	3,16	182,64	25,83	4,02	43,05	12,18	1,95	201,58
114	7,0	13	16,48	12,96	3,25	3,69	197,80	25,90	3,50	380,90	41,20	4,40	76,50	19,60	2,15	360,40
120	5,0	7	11,55	9,06	3,24	4,09	167,48	19,12	3,81	270,47	31,88	4,84	64,48	15,15	2,36	288,77

Observații:
- dimensiunile sînt extrase din STAS 7836/1-80;
- material: oțel de uz general pentru construcții mărcile OL 32; OL 37, conform STAS 500/2-80, RCA 37, conform STAS 500/3-80 și marca B2, conform STAS 9724-80.
- lungimi fixe: 3...12 m; prin înțelegere specială se pot livra și lungimi de 15 m;
- exemplu de notare: L 50×50×4 BC OL 37-1n/STAS 7836/1-80.



Tabelul 2.18

Oțel cornier, cu aripi egale, format la rece din bandă de oțel cu rezistența peste 490 N/mm²

Dimensiuni, mm			Secțiunea cm²	Masa kg/m	Distanța axelor		Mărimile statice pentru axele de încovoiere									
							$X—X=Y—Y$			$U—U$			$V—V$			$X_1—X_1$
a	g	r			e cm	v_1 cm	I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_u cm⁴	W_u cm³	i_u cm	I_v cm⁴	W_v cm³	i_v cm	I_{x1} cm⁴
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
40	3,0	6	2,21	1,74	1,16	1,27	3,55	1,25	1,27	5,71	2,02	1,61	1,38	0,99	0,79	6,52
40	4,0	8	2,87	2,25	1,21	1,22	4,65	1,67	1,27	7,32	2,59	1,60	1,98	1,42	0,83	8,88
40	5,0	10	3,48	2,73	1,27	1,18	5,84	2,14	1,30	8,78	3,10	1,59	2,90	2,10	0,91	11,48

Tabelul 2.18 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
45	3,0	6	2,51	1,97	1,28	1,44	5,10	1,58	1,42	8,23	2,59	1,81	1,96	1,24	0,88	9,24
45	4,0	8	3,27	2,57	1,34	1,40	6,65	2,10	1,43	10,60	3,33	1,80	2,71	1,72	0,91	12,51
45	5,0	10	3,98	3,13	1,40	1,35	8,27	2,66	1,44	12,79	4,02	1,79	3,75	2,40	0,97	16,02
50	3,0	6	2,81	2,21	1,41	1,62	7,05	1,96	1,58	11,41	3,23	2,01	2,70	1,53	0,98	12,63
50	4,0	8	3,67	2,88	1,46	1,57	9,19	2,60	1,58	14,75	4,17	2,01	3,63	2,08	1,00	17,04
50	5,0	10	4,48	3,52	1,52	1,53	11,35	3,26	1,59	17,86	5,05	2,00	4,84	2,78	1,04	21,69
55	5,0	10	4,98	3,91	1,64	1,70	15,17	3,93	1,74	24,12	6,20	2,20	6,21	3,24	1,12	28,60
60	3,0	6	3,41	2,68	1,66	1,97	12,37	2,85	1,90	20,03	4,72	2,42	4,71	2,23	1,17	21,74
60	4,0	8	4,47	3,51	1,71	1,92	16,11	3,76	1,90	26,03	6,13	2,41	6,20	2,94	1,18	29,19
60	5,0	10	5,48	4,30	1,77	1,88	19,80	4,68	1,90	31,70	7,47	2,40	7,90	3,76	1,20	36,90
63	3,0	6	3,59	2,82	1,73	2,08	14,37	3,15	2,00	23,27	5,22	2,54	5,47	2,47	1,23	25,14
63	4,0	8	4,71	3,70	1,79	2,03	18,73	4,15	1,99	30,28	6,80	2,54	7,18	3,24	1,23	33,74
63	5,0	10	5,78	4,54	1,84	1,98	23,00	5,16	1,99	36,92	8,29	2,53	9,07	4,11	1,25	42,58
63	6,0	13	6,79	5,33	1,90	1,91	27,47	6,25	2,01	43,19	9,69	2,52	11,76	5,38	1,32	52,09
65	5,0	10	5,98	4,62	1,91	2,01	30,40	6,85	2,21	44,29	10,60	2,80	13,70	5,98	1,45	53,80
70	3,0	6	4,01	3,15	1,91	2,32	19,86	3,90	2,22	32,15	6,50	2,83	7,58	3,07	1,37	34,45
70	4,0	8	5,27	4,14	1,96	2,27	25,91	5,14	2,22	41,94	8,47	2,82	9,89	4,02	1,37	46,15
70	5,0	10	6,48	5,09	2,01	2,23	31,81	6,38	2,22	51,28	10,36	2,81	12,33	5,02	1,38	58,10
70	6,0	13	7,63	5,99	2,08	2,15	37,82	7,68	2,23	60,15	12,15	2,81	15,48	6,35	1,42	70,73
70	7,0	15	8,75	6,87	2,13	2,11	43,90	9,02	2,24	68,59	13,86	2,80	19,21	7,92	1,48	83,77
75	5,0	10	6,98	5,48	2,14	2,40	39,34	7,34	2,37	63,54	11,98	3,02	15,14	5,75	1,47	71,27
75	6,0	13	8,23	6,46	2,20	2,33	46,68	8,81	2,38	74,66	14,08	3,01	18,70	7,15	1,51	86,54
80	3,0	6	4,61	3,62	2,16	2,68	29,92	5,12	2,55	48,39	8,55	3,24	11,45	4,06	1,58	51,36
80	4,0	8	6,07	4,76	2,21	2,63	39,09	6,75	2,54	63,30	11,19	3,23	14,89	5,29	1,57	68,70
80	4,5	8	6,87	5,01	2,41	2,83	45,01	6,93	2,89	65,40	12,29	3,83	15,99	6,01	1,67	72,73
80	5,0	10	7,48	5,87	2,26	2,58	48,00	8,37	2,53	77,61	13,72	3,22	18,38	6,54	1,57	86,31
80	5,5	10	7,99	6,01	2,31	2,53	53,15	9,30	2,51	79,70	15,70	3,21	19,31	7,50	1,62	89,30
80	6,0	13	8,83	6,93	2,33	2,50	56,88	10,02	2,54	91,32	16,14	3,22	22,44	8,03	1,59	104,61
80	7,0	15	10,15	7,97	2,38	2,46	65,75	11,70	2,54	104,46	18,47	3,21	27,04	9,71	1,63	123,32
85	7,0	15	12,13	8,01	2,45	2,65	67,70	13,31	2,64	111,50	19,57	3,33	31,09	10,70	1,69	133,30
90	3,0	6	5,21	4,09	2,41	3,03	42,90	6,51	2,87	69,33	10,89	3,65	16,47	5,19	1,78	73,06
90	4,0	8	6,87	5,39	2,46	2,98	56,15	8,58	2,86	90,89	14,28	3,64	21,41	6,75	1,77	97,66
90	5,0	10	8,48	6,66	2,51	2,93	69,00	10,63	2,85	111,70	17,55	3,63	26,30	8,31	1,76	122,52
90	7,0	15	11,55	9,07	2,63	2,81	94,22	14,79	2,86	151,04	23,73	3,62	37,40	11,91	1,80	174,04
92	7,0	15	12,50	10,07	2,81	2,91	100,11	16,81	3,01	161,01	24,70	3,80	40,13	13,90	1,90	182,04
100	4,0	8	7,67	6,02	2,71	3,33	77,58	10,64	3,18	125,52	17,75	4,05	29,64	8,41	1,97	133,81
100	4,5	8	8,01	7,02	2,99	3,43	79,55	11,69	3,20	130,50	19,70	4,07	31,60	9,11	1,99	140,80
100	5,0	10	9,48	7,44	2,76	3,28	95,44	13,18	3,17	154,53	21,85	4,04	36,35	10,33	1,96	167,73
100	6,0	13	11,23	8,81	2,82	3,20	112,93	15,73	3,17	182,59	25,82	4,03	43,27	12,35	1,96	202,35
114	7,0	15	15,30	12,17	3,01	4,01	182,30	23,17	3,61	291,90	38,40	4,42	69,21	17,90	2,21	316,80
120	5,0	10	11,48	9,01	3,26	3,99	167,12	19,12	3,82	270,45	31,87	4,85	63,79	15,09	2,36	289,15

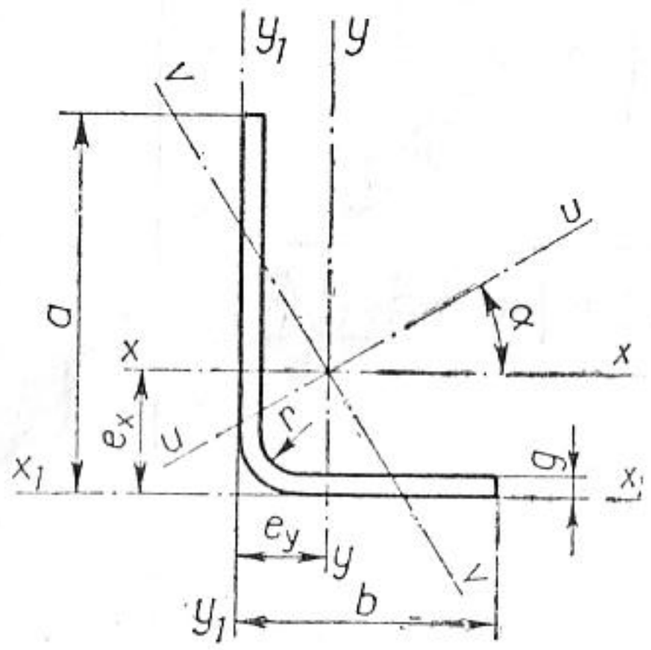
Observaţii:

— dimensiunile sînt extrase din STAS 7836/2-80;

— material: oţel de uz general pentru construcţii mărcile OL 44,2 conform STAS 500/2-80, RC^B 52, conform STAS 500/3-80 şi L 42 conform STAS 11505-80.

— lungimi fixe: 3...12 m; prin înţelegere specială se pot livra şi lungimi de 15 m;

— exemplu de notare: L 50 × 50 × 4 BC OL 44-2k/STAS 7836/2-80.



Tabelul 2.19

Oțel cornier, cu aripi neegale, format la rece din bandă de oțel

Dimensiuni, mm				Aria secțiunii S, cm²	Masa, kg/m	Distanța axelor, cm		Unghiul d, grade și minute	Mărimi statice pentru axele de încovoiere									
									$X—X$			$Y—Y$			$U—U$		$V—V$	
a	b	g	r			e_x	e_y		I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm	I_u cm⁴	i_u cm	I_v cm⁴	i_v cm
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
22	20	1,5	2	0,59	0,46	0,65	0,55	39°44′	0,29	0,18	0,70	0,23	0,16	0,62	0,42	0,84	0,09	0,40
28	26	3,0	4	1,46	1,15	0,88	0,77	40°59′	1,10	0,57	0,87	0,92	0,50	0,79	1,67	1,07	0,35	0,49
30	25	2,5	3	1,27	0,99	0,94	0,68	35°10′	1,14	0,55	0,95	0,73	0,40	0,76	1,54	1,10	0,32	0,50
32	20	2,0	3	0,97	0,76	1,10	0,48	22°50′	1,03	0,49	1,03	0,32	0,21	0,58	1,18	1,11	0,17	0,42
32	20	2,5	3	1,19	0,94	1,12	0,50	22°45′	1,25	0,60	1,02	0,39	0,26	0,57	1,43	1,10	0,21	0,42
32	25	2,0	3	1,07	0,84	1,00	0,64	32°1′	1,12	0,51	1,02	0,61	0,33	0,76	1,44	1,16	0,29	0,52
32	25	2,5	3	1,32	1,03	1,02	0,66	31°58′	1,36	0,63	1,02	0,74	0,40	0,75	1,76	1,16	0,35	0,51
40	20	2,0	3	1,13	0,88	1,45	0,42	16°7′	1,90	0,74	1,30	0,34	0,22	0,55	2,04	1,35	0,20	0,42
40	20	2,5	3	1,39	1,09	1,48	0,44	16°1′	2,32	0,92	1,29	0,41	0,27	0,55	2,49	1,34	0,24	0,42

40	25	2,0	3	1,23	0,96	1,34	0,57	22°43′	2,06	0,78	1,30	0,65	0,34	0,73	2,36	1,39	0,35	0,54
40	25	2,5	3	1,52	1,19	1,36	0,59	22°38′	2,52	0,96	1,29	0,79	0,41	0,72	2,89	1,38	0,43	0,53
40	25	3,0	4	1,79	1,40	1,39	0,62	22°50′	2,94	1,13	1,28	0,92	0,49	0,72	3,37	1,37	0,48	0,52
40	30	3,0	4	1,94	1,52	1,30	0,78	30°8′	3,15	1,17	1,28	1,55	0,70	0,89	3,97	1,43	0,74	0,62
40	30	4,0	6	2,50	1,96	1,36	0,83	30°29′	3,97	1,50	1,26	1,95	0,90	0,88	5,04	1,42	0,88	0,59
40	32	2,5	3	1,69	1,33	1,23	0,83	33°2′	2,77	1,00	1,28	1,60	0,67	0,97	3,62	1,46	0,75	0,66
40	32	3,0	4	2,00	1,57	1,26	0,85	33°10′	3,23	1,18	1,27	1,87	0,79	0,97	4,25	1,46	0,85	0,65
45	25	1,0	2	0,68	0,53	1,51	0,49	18°49′	1,49	0,50	1,48	0,36	0,18	0,73	1,64	1,56	0,21	0,55
45	25	3,0	4	1,94	1,52	1,62	0,58	18°59′	4,07	1,41	1,45	0,95	0,49	0,70	4,49	1,52	0,53	0,52
45	30	3,0	4	2,09	1,64	1,51	0,74	25°8′	4,37	1,46	1,45	1,61	0,71	0,88	5,15	1,57	0,83	0,63
45	36	2,5	3	1,92	1,50	1,37	0,91	32°60′	3,99	1,28	1,44	2,31	0,86	1,10	5,22	1,65	1,09	0,73
45	36	3,0	4	2,27	1,78	1,40	0,94	33°7′	4,68	1,51	1,44	2,71	1,02	1,09	6,14	1,64	1,25	0,74
45	40	2,5	3	2,02	1,58	1,31	1,06	38°27′	4,14	1,30	1,43	3,10	1.05	1,24	5,91	1,71	1,33	0,81
50	25	2,0	3	1,43	1,12	1,79	0,51	16°2′	3,80	1,18	1,63	0,69	0,35	0,70	4,08	1,69	0,41	0,54
50	25	2,5	3	1,77	1,39	1,81	0,31	15°57′	4,66	1,46	1,62	0,84	0,43	0,69	5,00	1,68	0,50	0,53
50	25	3,0	4	2,09	1,64	1,84	0,55	16°6′	5,44	1,72	1,61	0,98	0,50	0,68	5,85	1,67	0,57	0,52
50	32	2,0	3	1,57	1,23	1,64	0,72	23°28′	4,16	1,24	1,63	1,40	0,56	0,94	4,80	1,75	0,76	0,70
50	32	2,5	3	1,94	1,52	1,66	0,74	23°24′	5,11	1,53	1,62	1,71	0,69	0,94	5,89	1,74	0,92	0,69
50	32	3,0	4	2,30	1,80	1,69	0,76	23°33′	5,99	1,81	1,61	2,00	0,82	0,93	6,92	1,74	1,06	0,68
50	36	2,5	3	2,04	1,60	1,58	0,87	28°5′	5,33	1,56	1,62	2,38	0,87	1,08	6,51	1,78	1,21	0,77
50	36	3,0	4	2,42	1,90	1,61	0,89	28°13′	6,26	1,85	1,61	2,79	1,03	1,07	7,66	1,78	1,39	0,76
50	36	4,0	6	3,14	2,47	1,67	0,94	28°30′	7,97	2,39	1,59	3,55	1,33	1,06	9,82	1,77	1,70	0,74
50	40	2,5	3	2,14	1,68	1,51	1,00	32°58′	5,53	1,59	1,61	3,21	1,07	1,22	7,23	1,84	1,52	0,84
50	40	3,0	4	2,54	1,99	1,54	1,03	33°4′	6,50	1,88	1,60	3,76	1,27	1,22	8,52	1,83	1,75	0,83
50	40	4,0	6	3,30	2,59	1,60	1,08	33°17′	8,30	2,44	1,59	4,80	1,64	1,21	10,96	1,82	2,14	0,80
50	40	5,0	7	4,05	3,18	1,65	1,12	33°23′	9,98	2,98	1,57	5,75	2,00	1,19	13,22	1,81	2,51	0,79
56	40	2,5	3	2,29	1,80	1,76	0,94	27°43′	7,55	1,97	1,81	3,32	1,09	1,20	9,16	2,00	1,70	0,86
60	40	3,0	4	2,84	2,23	1,96	0,93	24°60′	10,73	2,66	1,94	3,97	1,30	1,18	12,61	2,11	2,09	0,86
60	40	4,0	6	3,70	2,91	2,02	0,38	25°15′	13,77	3,46	1,93	5,08	1,68	1,17	16,25	2,09	2,59	0,84
60	40	5,0	7	4,55	3,57	2,07	1,03	25°20′	16,62	4,23	1,91	6,10	2,05	1,16	19,66	2,08	3,06	0,82

Tabelul 2.19 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
60	50	3,0	4	3,14	2,46	1,79	1,27	35°4′	11,62	2,76	1,92	7,45	2,00	1,54	15,68	2,23	3,39	1,04
60	50	4,0	6	4,10	3,22	1,84	1,33	35°13′	14,97	3,60	1,91	9,57	2,61	1,53	20,32	2,23	4,23	1,01
60	50	5,0	7	5,05	3,96	1,89	1,37	35°16′	18,13	4,41	1,90	11,57	3,19	1,51	24,69	2,21	5,01	1,00
63	45	3,0	4	3,08	2,42	1,99	1,07	27°47′	12,80	2,97	2,04	5,62	1,64	1,35	15,56	2,25	2,86	0,96
63	45	3,5	6	3,54	2,78	2,03	1,10	28°2′	14,61	3,42	2,03	6,42	1,89	1,35	17,85	2,25	3,17	0,95
63	45	3,75	6	3,78	2,97	2,04	1,11	28°1′	15,55	3,65	2,03	6,82	2,01	1,34	19,00	2,24	3,37	0,94
63	45	4,0	6	4,02	3,16	2,05	1,12	27°60′	16,47	3,88	2,02	7,21	2,14	1,34	20,12	2,24	3,56	0,94
63	45	5,0	7	4,95	3,88	2,10	1,17	28°5′	19,95	4,75	2,01	8,70	2,61	1,33	24,42	2,22	4,22	0,92
65	40	5,0	7	4,80	3,76	2,29	0,93	22°22′	20,76	4,93	2,08	6,25	2,07	1,14	23,72	2,22	3,29	0,83
65	40	6,0	10	5,61	4,40	2,37	1,04	22°51′	23,80	5,76	2,06	7,17	2,42	1,13	27,39	2,21	3,58	0,80
65	50	5,0	7	5,30	4,16	2,99	1,32	31°21′	22,66	5,15	2,07	1,88	3,23	1,60	29,01	2,34	5,52	1,02
70	50	3,0	4	3,44	2,70	2,20	1,18	27°45′	17,73	3,69	2,27	7,80	2,04	1,51	21,54	2,50	3,99	1,08
70	50	4,0	6	4,50	3,53	2,26	1,23	27°56′	22,90	4,83	2,26	10,04	2,66	1,49	27,94	2,49	5,01	1,05
70	50	5,0	7	5,55	4,35	2,31	1,27	28°1′	27,83	5,93	2,24	12,16	3,26	1,48	34,01	2,48	5,97	1,04
70	50	6,0	10	6,51	5,11	2,38	1,33	28°22′	32,15	6,96	2,22	14,04	3,82	1,47	39,60	2,42	6,59	1,01
75	50	3,0	4	3,59	2,82	2,41	1,15	24°56′	21,40	4,20	2,44	7,95	2,06	1,49	25,11	2,65	4,24	1,09
75	50	4,0	6	4,70	3,69	2,47	1,18	25°7′	27,68	5,50	2,43	10,25	2,68	1,48	32,59	2,63	5,34	1,07
80	40	3,0	4	3,44	2,70	2,84	0,80	15°57′	23,52	4,56	2,61	4,28	1,34	1,12	25,23	2,71	2,57	0,86
80	40	4,0	6	4,50	3,53	2,91	0,84	16°7′	30,34	5,96	2,60	5,49	1,74	1,10	32,61	2,69	3,23	0,83
80	40	5,0	7	5,55	4,35	2,96	0,89	16°10′	36,85	7,31	2,58	6,62	2,13	1,09	39,62	2,67	3,65	0,83
80	50	3,0	4	3,74	2,94	2,62	1,10	22°32′	25,51	4,75	2,61	8,09	2,07	1,47	29,14	2,79	4,47	1,09
80	50	4,0	6	4,90	3,85	2,69	1,14	22°43′	33,04	6,22	2,60	10,43	2,70	1,46	37,84	2,78	5,63	1,07
80	50	5,0	7	6,05	4,75	2,74	1,19	22°46′	40,24	7,64	2,58	12,64	3,32	1,45	46,13	2,76	6,74	1,06
80	60	5,0	7	6,55	5,14	2,55	1,52	30°4′	43,10	7,90	2,57	21,28	4,75	1,80	54,11	2,88	10,27	1,25
80	60	7,0	11	8,87	6,97	2,67	1,62	30°25′	57,02	10,63	2,53	28,07	6,40	1,78	72,24	2,85	12,85	1,20

80	63	3,0	4	4,13	3,24	2,39	1,53	32°11′	27,68	4,93	2,59	15,47	3,24	1,94	35,68	2,94	7,47	1,35
80	63	4,0	6	5,42	4,26	2,45	1,58	32°18′	35,95	6,47	2,57	20,06	4,25	1,92	46,53	2,93	9,48	1,32
80	63	5,0	7	6,70	5,26	2,50	1,62	32°21′	43,88	7,97	2,56	24,43	5,22	1,91	56,91	2,92	11,40	1,30
80	65	6,0*	10	8,01	6,28	2,53	1,75	34°5′	51,67	9,44	2,54	31,05	5 63	1,97	69,09	2,94	13,63	1,31
80	65	7,0*	11	9,22	7,24	2,58	1,80	34°8′	58,84	10,85	2,53	35,30	7,50	1,96	78,87	2,92	15,27	1,23
90	45	5,0	7	6,30	4,94	3,29	0,97	16°6′	53,38	9,35	2,91	9,62	2,73	1,24	57,36	3,02	5,64	0,35
90	60	5,0	7	7,05	5,53	2,97	1,43	25°5′	59,60	9,88	2,91	22,03	4,82	1,77	70,14	3,16	11,50	1,28
100	50	4,0	6	5,70	4,48	3,57	1,01	16°2′	60,74	9,45	3,26	11,06	2,77	1,39	65,21	3,38	6,58	1,07
100	50	5,0	7	7,05	5,35	3,63	1,05	16°4′	74,23	11,64	3,25	13,42	3,40	1,38	79,72	3,36	7,92	1,06
100	60	3,0	4	4,64	3,64	3,29	1,26	21°6′	49,90	7,43	3,28	14,35	3,03	1,76	56,12	3,48	8,13	1,32
100	60	4,0	6	6,10	4,79	3,35	1,35	21°14′	64,99	9,77	3,26	18,62	3,97	1,75	73,23	3,46	10,38	1,30
100	60	5,0	7	7,55	5,92	3,40	1,35	21°16′	79,56	12,06	3,25	22,69	4,88	1,73	89,72	3,45	12,53	1,29
100	70	7,0	11	10,97	8,61	3,33	1,74	27°16′	112,65	16,88	3,20	46,87	8,96	2,07	136,44	3,53	23,08	1,45
100	75	6,0	10	9,81	7,70	3,18	1,89	30°11′	101,11	14,83	3,21	50,00	8,92	2,26	127,24	3,60	23,87	1,56
100	75	7,0	11	11,32	8,89	3,24	1,94	30°14′	115,67	17,10	3,20	57,08	10,26	2,25	145,80	3,59	26,94	1,54
100	80	3,0	4	5,24	4,11	2,93	1,92	32°55′	55,14	7,80	3,24	32,07	5,27	2,47	71,77	3,70	15,44	1,72
100	80	4,0	6	6,90	5,42	2,99	1,97	33°0′	72,01	10,27	3,23	41,83	6,93	2,46	94,04	3,69	19,81	1,69
100	80	5,0	7	8,55	6,71	3,03	2,01	33°2′	88,35	12,68	3,22	51,23	8,55	2,45	115,55	3,68	24,03	1,68
100	80	7,0	11	11,67	9,16	3,15	2,11	33°15′	118,51	17,30	3,19	68,56	11,64	2,42	156,13	3,66	30,93	1,63
120	60	4,0	6	6,90	5,42	4,24	1,18	15°59′	106,65	13,74	3,93	19,50	4,04	1,68	114,44	4,07	11,71	1,30
144	103	8,0	13	18,54	14,55	4,64	2,52	28°3′	399,58	40,92	4,64	175,96	22,62	3,08	488,20	5,13	87,34	2,17

Observații:

— Dimensiunile sînt extrase din STAS 8250-80.

— Toate dimensiunile se execută cu rezistența la rupere pînă la 490 N/mm²; dimensiunile cu asterisc se execută și cu rezistența de rupere peste 490 N/mm².

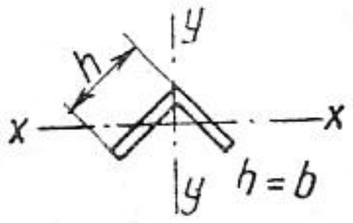
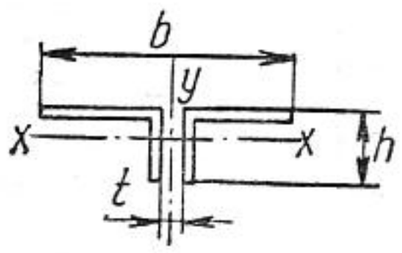
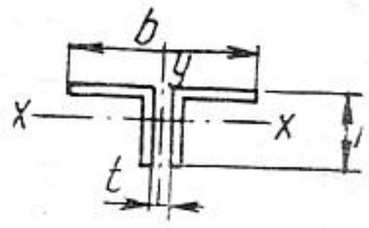
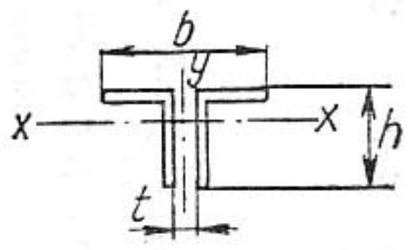
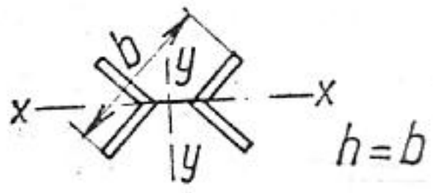
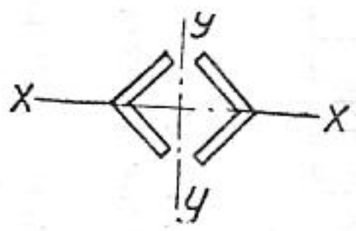
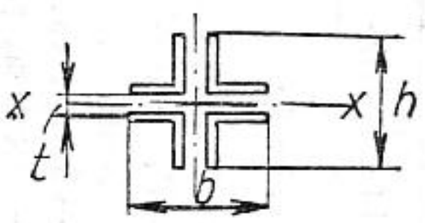
— Masa este calculată pentru dimensiunile nominale, luînd ca bază densitatea oțelului egală cu 7,85 kg/dm³.

— Pentru profilele din oțel cu rezistența de rupere la tracțiune de max. 490 N/mm² se va întrebuința oțel de uz general pentru construcții: OL 32; OL 37.1; OL 37.2 și OL 37.3, conform STAS 500/2-80 și RCA 37.2, conform STAS 500/3-80 și B 2, conform STAS 9724-80.

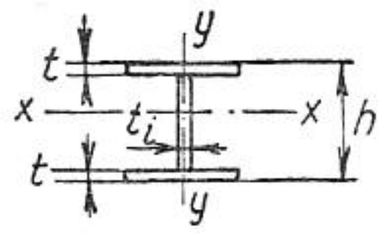
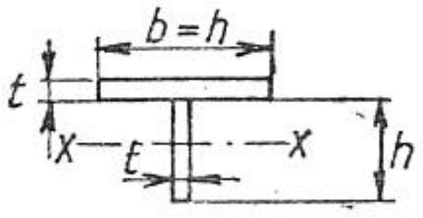
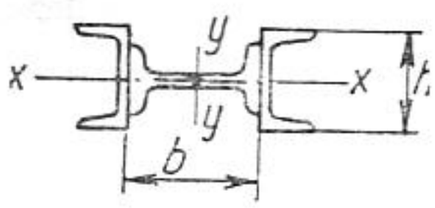
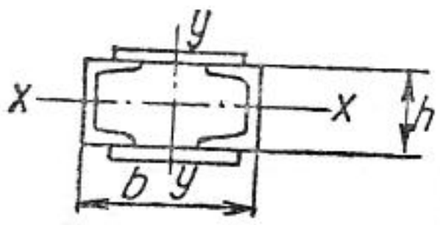
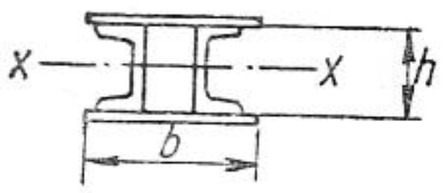
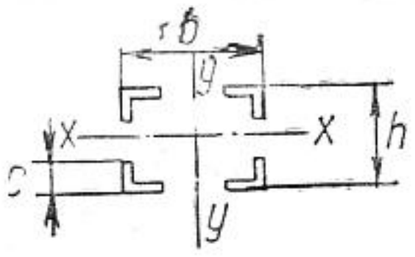
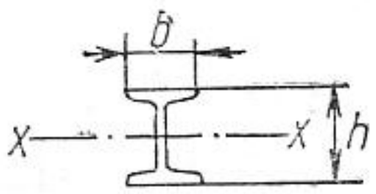
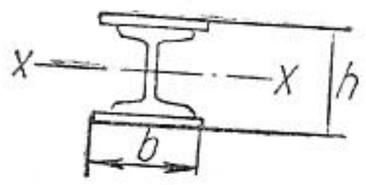
— Pentru profilele din oțel cu rezistență de rupere la tracțiune peste 490 N/mm² se va întrebuința oțel de uz general pentru construcții OL 44.2, conform STAS 500/2-80 și RCB 52, conform STAS 500/3-80 și L 42, conform STAS 11505-80.

Tabelul 2.20

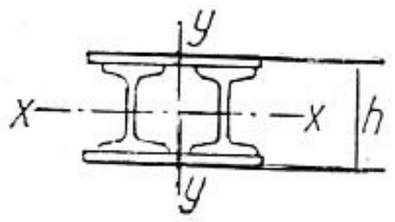
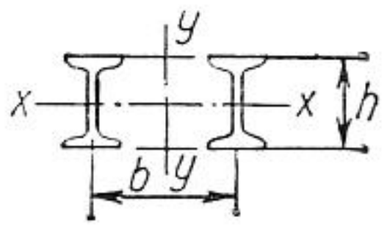
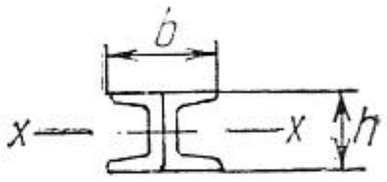
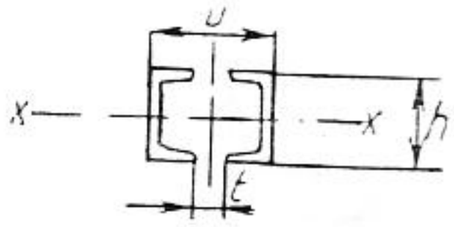
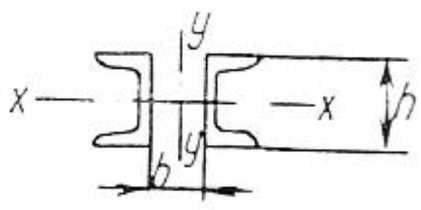
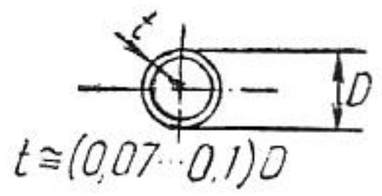
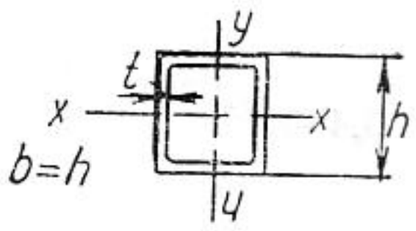
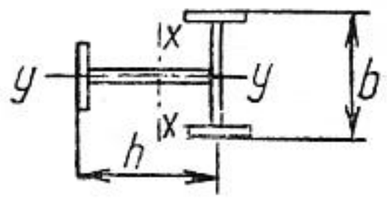
Coeficienți de profil și coeficienți ai razelor de inerție pentru secțiuni compuse

Secțiunea	Coeficienții de profil				Coeficienții razelor de girație		
	Axa $X-X$		Axa $Y-Y$		Axa $X-X$	Axa $Y-Y$	
	Precizări	$K_x=\frac{A^2}{I_x}$	Precizări	$K_y=\frac{A^2}{I_y}$	$\alpha x=\frac{ix}{h}$	Precizări	$\alpha y=\frac{iy}{b}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1 		5,50			0,200		0,200
2 		4,60	t 8	2,10	0,300		0,200
			10	2,00			
			12	1,90			
			15	1,80			
3 	$h:0,5b$ 1 : 2	0,80	$h:0,5b$ 1 : 2	0,80	0,280		0,240
	2 : 3	1,00	2 : 3	1,00			
4 	$h:0,5b$ 1 : 2	5,50	$h:0,5b$ 1 : 2	5,50	0,320		0,200
	2 : 3	3,40	2 : 3	3,40			
5 		2,90			0,185		0,185
6 		2,90					
7 	t 8	4,20	t 8	4,20	0,210		0,210
	10	4,00	10	4,00			
	12	3,80	12	3,80			
	15	3,60	15	3,60			

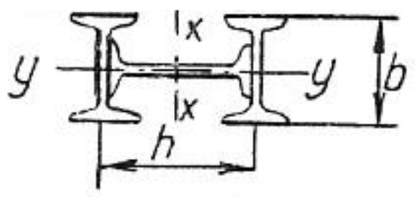
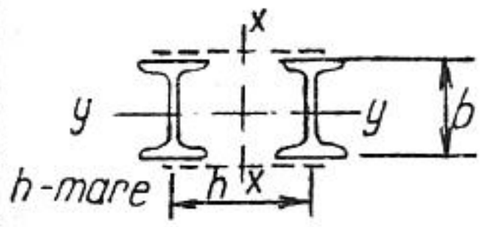
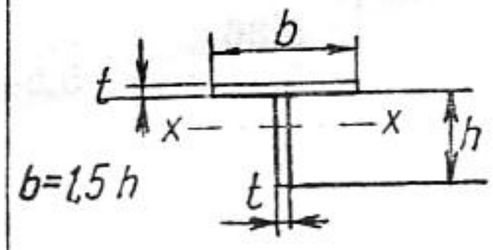
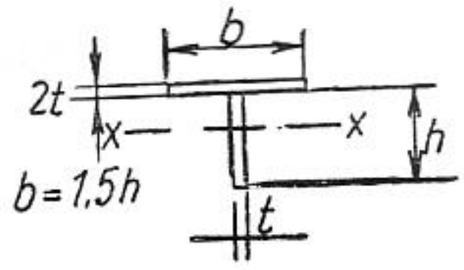
Tabelul 2.20 (continuare)

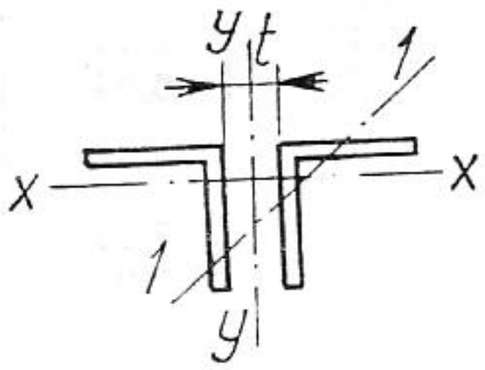
1		2	3	4	5	6	7	8
8			0,435		1,400	0,40... 0,45		0,22... 0,26
9					$48\frac{t}{h}$	0,330		0,210
10			2,10			0,320		0,580
11		$h<20$	1,750	$h<20$	1,800	0,440		0,380
		$h\geqslant 20$	1,200	$h\geqslant 20$	1,200			
12		$I_y>1{,}1I_x$	1,90			0,450		0,320
13		$h=3c$	0,550	$h=3c$	0,550	0,430		0,430
		$h=4c$	0,300	$h=4c$	0,300			
14		$h\leqslant 20$	0,580	$h\leqslant 30$	9,650	0,400		0,208
		$h>20$	0,480	$h>30$	11,000			
15					6,00	0,417		0,222

Tabelul 2.20 (continuare)

1		2	3	4	5	6	7	8
16			1,50			0,440		0,380
17		$h \leqslant 20$	0,580			0,400		0,512
		$h > 20$	0,480					
18		$h < 20$	1,200	$h < 20$	6,700	0,386		0,200
		$h \geqslant 20$	1,000	$h \geqslant 20$	7,600			
19		$h < 20$	1,200	$t=0$	1,90	0,386		0,455
		$h \geqslant 20$	1,000					
20		$h < 20$	1,200	$I_y > 1{,}1\, I_x$		0,386	$h < 20$	0,750
		$h \geqslant 20$	1,000				$h \geqslant 20$	0,670
21			$28 \dfrac{t}{D}$		$28 \dfrac{t}{D}$	$i_x = 0{,}35\, D_m$ $D_m = D - t$		
22			$26 \dfrac{t}{h}$		$26 \dfrac{t}{h}$	0,410	h, b medii	0,410
23						0,480		0,320

Tabelul 2.20 (continuare)

1		2	3	4	5	6	7	8
24						0,490		0,320
25			1,000			0,500		0,390
26					23 $\frac{t}{h}$	0,300		0,220
27					29 $\frac{t}{h}$	0,320		0,230



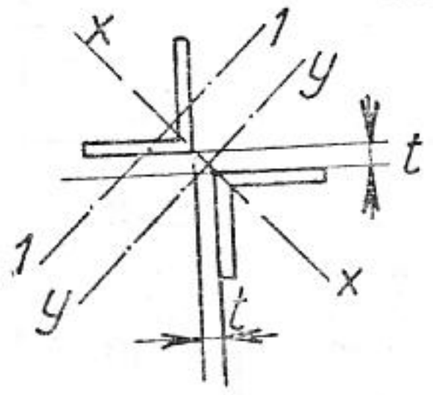
Tabelul 2.21

Caracteristici geometrice ale secţiunilor compuse din corniere

Denumirea secţiunii	A, cm^2	i_1, cm	i_x, cm	i_y, cm pentru distanţa t, mm egală cu				
				0	8	10	12	15
40 × 40 × 3	4,70	0,78	1,21	1,61	1,90	1,98	2,06	2,18
4*	6,16	0,78	1,21	1,65	1,94	2,02	2,10	2,23
5*	7,58	0,77	1,20	1,67	1,97	2,05	2,13	2,25
45 × 45 × 4	6,98	0,87	1,36	1,83	2,12	2,20	2,28	2,40
5	8,60	0,87	1,35	1,86	2,16	2,23	2,31	2,44
6	10,16	0,87	1,34	1,88	2,16	2,28	2,34	2,48
50 × 50 × 4	7,78	0,98	1,52	2,03	2,32	2,39	2,48	2,59
5*	9,60	0,97	1,51	2,06	2,35	2,43	2,51	2,63
6*	11,38	0,97	1,50	2,08	2,38	2,46	2,54	2,66
7	13,12	0,96	1,49	2,11	2,41	2,48	2,57	2,69
60 × 60 × 5	11,64	1,17	1,82	2,44	2,73	2,81	2,89	3,00
6*	13,82	1,17	1,82	2,48	2,77	2,85	2,92	3,04
8*	18,06	1,16	1,80	2,52	2,82	2,90	2,97	3,10
10	22,20	1,16	1,78	2,56	2,87	2,94	3,02	3,15
70 × 70 × 6	16,26	1,37	2,13	2,88	3,16	3,23	3,30	3,42
7*	18,80	1,36	2,12	2,90	3,18	3,26	3,33	3,45
8	21,20	1,36	2,11	2,92	3,21	3,28	3,36	3,48
9	23,80	1,36	2,10	2,93	3,23	3,31	3,38	3,50
10	26,20	1,35	2,09	2,96	3,25	3,32	3,41	3,53

Tabelul 2.21 (continuare)

Denumirea secțiunii	A, cm^2	i_1, cm	i_x, cm	i_y, cm pentru distanța t, mm egală cu				
				0	8	10	12	15
80 × 80 × 6	18,70	1,56	2,44	3,26	3,54	3,62	3,70	3,81
8*	24,60	1,55	2,43	3,31	3,60	3,67	3,75	3,87
10	30,20	1,55	2,41	3,36	3,65	3,72	3,80	3,92
90 × 90 × 8	27,80	1,76	2,74	3,70	3,98	4,06	4,13	4,26
9	31,00	1,76	2,74	3,73	4,02	4,09	4,16	4,28
11	37,40	1,75	2,72	3,77	4,06	4,14	4,21	4,33
100 × 100 × 8	31,00	1,96	3,06	4,10	4,39	4,45	4,54	4,65
10*	38,40	1,95	3,04	4,14	4,43	4,50	4,57	4,69
12	45,40	1,94	3,02	4,19	4,47	4,55	4,62	4,74
120 × 120 × 10*	46,40	2,36	3,67	4,95	5,22	5,30	5,36	5,49
12	55,00	2,35	3,65	5,00	5,26	5,35	5,41	5,54
130 × 130 × 12	60,00	2,54	3,97	5,38	5,66	5,73	5,81	5,92
14	69,40	2,53	3,94	5,42	5,70	5,78	5,85	5,96
16	78,60	2,52	3,92	5,46	5,75	5,82	5,90	6,01
140 × 140 × 12	65,00	2,76	4,31	5,80	6,09	6,15	6,25	6,33
14*	75,20	2,74	4,30	5,85	6,14	6,21	6,29	6,40
16	84,40	2,72	4,28	6,00	6,29	6,36	6,41	6,53
150 × 150 × 12	69,60	2,95	4,60	6,18	6,45	6,52	6,60	6,70
14	80,60	2,94	4,58	6,23	6,50	6,57	6,64	6,76
16*	91,40	2,93	4,56	6,26	6,54	6,61	6,68	6,79
18	102,00	2,92	4,54	6,29	6,57	6,65	6,73	6,84
160 × 160 × 12	74,80	3,17	4,94	6,61	6,89	6,95	7,01	7,12
14*	86,60	3,16	4,92	6,65	6,92	6,99	7,06	7,17
16*	98,20	3,14	4,89	6,68	6,95	7,04	7,09	7,21
18	109,60	3,13	4,87	6,71	6,98	7,08	7,15	7,25



* Sînt prevăzute în fabricație, conform STAS 424-80.

Tabelul 2.22

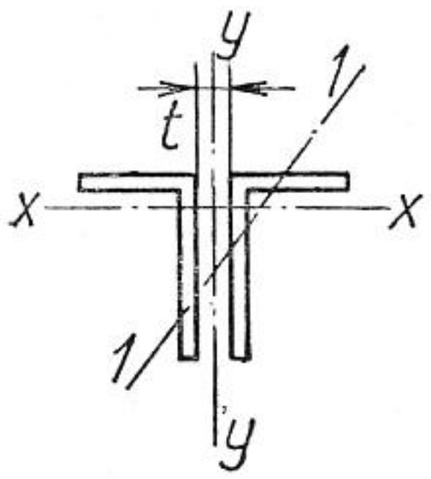
Caracteristici geometrice ale secțiunilor compuse din corniere

Denumirea secțiunii	A, cm^2	i_1, cm	i_x, cm	i_y, cm pentru distanța t, mm egală cu				
				0	8	10	12	15
40 × 40 × 3	4,70	0,78	1,52	1,71	2,23	2,37	2,50	2,69
4*	6,16	0,78	1,52	1,76	2,29	2,42	2,55	2,75
5*	7,58	0,77	1,51	1,81	2,34	2,47	2,61	2,81
45 × 45 × 4	6,98	0,87	1,71	1,96	2,47	2,61	2,75	2,94
5	8,60	0,87	1,70	2,01	2,53	2,67	2,80	3,00
6	10,16	0,87	1,69	2,06	2,58	2,72	2,85	3,06

Tabelul 2.22 (continuare)

Denumirea secțiunii	A, cm^2	i_1, cm	i_z, cm	i_y, cm pentru distanța t, mm egală cu				
				0	8	10	12	15
50 × 50 × 4	7,78	0,98	1,91	2,16	2,67	2,80	2,94	3,14
5*	9,60	0,97	1,90	2,21	2,73	2,86	2,99	3,19
6*	11,38	0,97	1,89	2,25	2,78	2,91	3,05	3,25
7	13,12	0,96	1,88	2,32	2,85	2,98	3,11	3,31
60 × 60 × 5	11,64	1,17	2,30	2,60	3,10	3,24	3,38	3,58
6*	13,82	1,17	2,29	2,66	3,18	3,31	3,44	3,64
8*	18,06	1,16	2,26	2,75	3,28	3,42	3,55	3,74
10	22,20	1,16	2,23	2,86	3,39	3,52	3,66	3,86
70 × 70 × 6	16,26	1,37	2,68	3,06	3,56	3,70	3,83	4,04
7*	18,80	1,36	2,67	3,11	3,63	3,76	3,89	4,09
8	21,20	1,36	2,66	3,16	3,67	3,80	3,92	4,15
9	23,80	1,36	2,64	3,20	3,73	3,86	3,99	4,19
10	26,20	1,35	2,63	3,24	3,77	3,91	4,05	4,24
80 × 80 × 6	18,70	1,56	3,08	3,44	3,95	4,08	4,22	4,41
8*	24,60	1,55	3,06	3,56	4,08	4,21	4,34	4,53
10	30,20	1,55	3,03	3,65	4,18	4,31	4,44	4,63
90 × 90 × 8	27,80	1,76	3,45	3,94	4,45	4,59	4,63	4,91
9	31,00	1,76	3,45	4,00	4,52	4,65	4,78	4,97
11	37,40	1,75	3,41	4,09	4,61	4,74	4,87	5,07
100 × 100 × 8	31,00	1,96	3,85	4,34	4,84	4,96	5,12	5,30
10*	38,40	1,95	3,83	4,44	4,96	5,09	5,22	5,42
12	45,40	1,94	3,80	4,54	5,06	5,19	5,32	5,52
120 × 120 × 10*	46,40	2,36	4,63	5,25	5,75	5,90	6,01	6,20
12	55,00	2,35	4,60	5,35	5,85	6,00	6,11	6,32
130 × 130 × 12	60,00	2,54	5,00	5,74	6,26	6,39	6,52	6,71
14	69,40	2,53	4,97	5,84	6,36	6,49	6,62	6,81
16	78,60	2,52	4,94	5,93	6,46	6,58	6,71	6,91
140 × 140 × 12	65,00	2,76	5,43	6,16	6,66	6,80	6,92	7,10
14*	75,20	2,74	5,42	6,24	6,75	6,89	7,04	7,20
16	84,40	2,72	5,40	6,33	6,84	6,98	7,15	7,33
150 × 150 × 12	69,60	2,95	5,80	6,03	7,05	7,18	7,34	7,52
14	80,60	2,94	5,77	6,63	7,15	7,28	7,41	7,60
16*	91,40	2,93	5,74	6,74	7,26	7,38	7,51	7,71
18	102,40	2,92	5,71	6,83	7,35	7,48	7,61	7,80
160 × 160 × 12	74,80	3,17	6,23	6,95	7,45	7,59	7,70	7,91
14*	86,60	3,16	6,20	7,05	7,57	7,70	7,81	8,00
16*	98,20	3,14	6,17	7,16	7,65	7,78	7,90	8,10
18	109,60	3,13	6,13	7,25	7,75	7,90	8,01	8,20

* Sînt prevăzute în fabricație, conform STAS 424-80.

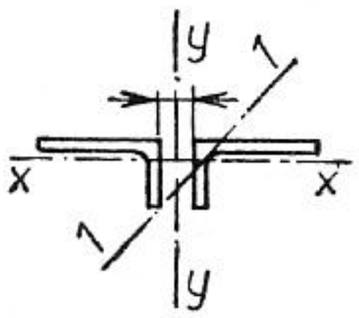


Tabelul 2.23

Caracteristici geometrice ale secțiunilor compuse din corniere

Denumirea secțiunii	A, cm^2	i_1, cm	i_x, cm	i_y, cm pentru distanța t, mm egală cu:				
				0	8	10	12	15
40 × 20 × 3	3,46	0,42	1,27	0,68	0,99	1,08	1,16	1,30
4	4,52	0,42	1,26	0,71	1,02	1,11	1,20	1,33
45 × 30 × 4	5,72	0,65	1,42	1,12	1,42	1,50	1,58	1,71
5	7,04	0,64	1,41	1,14	1,45	1,53	1,61	1,75
60 × 30 × 5	8,58	0,63	1,00	1,03	1,33	1,42	1,50	1,63
6	10,16	0,63	1,89	1,05	1,36	1,44	1,58	1,66
60 × 40 × 5	9,58	0,86	1,89	1,49	1,78	1,85	1,93	2,06
6	11,36	0,86	1,88	1,50	1,80	1,88	1,96	2,08
7	13,10	0,85	1,87	1,53	1,83	1,91	1,99	2,12
65 × 50 × 6	13,16	1,06	2,03	1,95	2,23	2,31	2,3 9	2,51
7	15,20	1,06	2,02	1,96	2,25	2,33	2,41	2,53
8	17,20	1,05	2,01	1,92	2,28	2,36	2,44	2,56
75 × 50 × 7	16,62	1,07	2,36	1,88	2,17	2,25	2,33	2,45
80 × 60 × 7	18,76	1,28	2,51	2,31	2,59	2,67	2,74	2,86
80 × 65 × 6	16,82	1,35	2,51	2,54	2,81	2,89	2,97	3,08
8*	22,00	1,36	2,49	2,58	2,86	2,94	3,02	3,13
10	27,20	1,35	2,46	2,62	2,90	2,98	3,06	3,18
90 × 60 × 6	17,38	1,30	2,87	2,23	2,50	2,57	2,65	2,76
8	22,80	1,29	2,85	2,27	2,54	2,62	2,70	2,81
100 × 50 × 8	22,80	1,05	3,18	1,72	2,01	2,09	2,17	2,28
10	28,20	1,05	3,16	1,76	2,06	2,13	2,21	2,34
100 × 75 × 7	23,80	1,59	3,15	2,86	3,12	3,20	3,27	3,38
9*	30,20	1,59	3,13	2,89	3,17	3,24	3,32	3,44
11	36,40	1,58	3,11	2,93	3,22	3,29	3,37	3,48
120 × 80 × 8	31,00	1,73	3,82	2,95	3,22	3,29	3,37	3,47
10	38,20	1,72	3,80	2,99	3,26	3,34	3,41	3,53
12	45,40	1,71	3,77	3,02	3,31	3,38	3,46	3,57
150 × 90 × 10	46,40	1,95	4,80	3,22	3,49	3,56	3,63	3,74
12	55,00	1,94	4,77	3,26	3,53	3,60	3,68	3,79
150 × 100 × 10	48,40	2,15	4,78	4,70	3,96	4,03	4,10	4,21
12	57,40	2,15	4,76	3,73	4,00	4,08	4,15	4,26
14	66,40	2,14	4,73	3,77	4,05	4,13	4,20	4,30

* Sînt prevăzute în fabricație conform STAS 425-80.

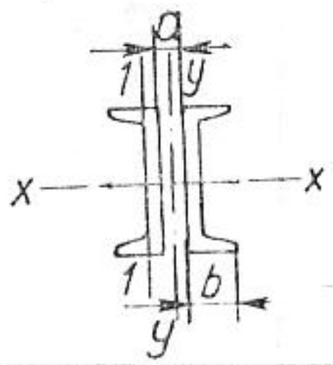


Tabelul 2.24

Caracteristici geometrice ale secțiunilor compuse din corniere

Denumirea secțiunii	A, cm²	i_1, cm	i_x, cm	i_y, cm pentru distanța t, mm egală cu:				
				0	8	10	12	15
40 × 20 × 3	3,46	0,42	0,52	1,91	2,22	2,30	2,38	2,51
4	4,52	0,42	0,51	1,93	2,25	2,34	2,42	2,54
45 × 30 × 4	5,72	0,65	0,85	2,06	2,36	2,43	2,51	2,66
5	7,04	0,64	0,84	2,08	2,38	2,45	2,54	2,74
60 × 30 × 5	8,58	0,63	0,78	2,87	3,18	3,26	3,34	3,46
6	10,16	0,63	0,77	2,90	3,21	3,30	3,36	3,48
60 × 40 × 5	9,58	0,86	1,13	2,72	3,02	3,10	3,18	3,30
6	11,36	0,86	1,12	2,75	3,06	3,13	3,24	3,34
7	13,10	0,85	1,11	2,77	3,07	3,15	3,24	3,36
65 × 50 × 6	13,16	1,06	1,46	2,87	3,18	3,25	3,33	3,44
7	15,20	1,06	1,45	2,89	3,19	3,26	3,34	3,47
8	17,20	1,05	1,44	2,92	3,21	3,30	3,38	3,50
75 × 50 × 7	16,62	1,07	1,41	3,43	3,73	3,80	3,88	4,00
80 × 60 × 7	18,76	1,28	1,74	3,54	3,84	3,92	3,97	4,10
80 × 65 × 6	16,82	1,35	1,93	3,47	3,76	3,83	3,90	4,02
8*	22,00	1,36	1,91	3,50	3,80	3,87	3,95	4,07
10	27,20	1,35	1,89	3,54	3,84	3,92	3,99	4,12
90 × 60 × 6	17,38	1,30	1,72	4,08	4,37	4,40	4,52	4,64
8	22,80	1,29	1,70	4,11	4,41	4,44	4,57	4,69
100 × 50 × 8	22,80	1,05	1,31	4,79	5,10	5,18	5,26	5,38
10	28,20	1,05	1,29	4,85	5,15	5,23	5,30	5,43
100 × 75 × 7	23,80	1,59	2,19	4,39	4,68	4,75	4,83	4,94
9*	30,20	1,59	2,17	4,44	4,73	4,81	4,89	5,00
11	36,40	1,58	2,15	4,48	4,78	4,86	4,93	5,05
120 × 80 × 8	31,00	1,73	2,28	5,41	5,71	5,76	5,85	5,96
10	38,20	1,72	2,26	5,46	5,74	5,83	5,90	6,03
12	45,40	1,71	2,24	5,49	5,79	5,88	5,96	6,06
150 × 90 × 10	46,40	1,95	2,51	6,92	7,21	7,29	7,36	7,48
12	55,00	1,94	2,49	6,97	7,27	7,34	7,42	7,53
150 × 100 × 10	48,40	2,15	2,86	6,77	7,06	7,13	7,22	7,32
12	57,40	2,15	2,84	6,82	7,12	7,19	7,27	7,38
14	66,40	2,14	2,82	6,87	7,16	7,23	7,31	7,42

* Sînt prevăzute în fabricație, conform STAS 425-80.

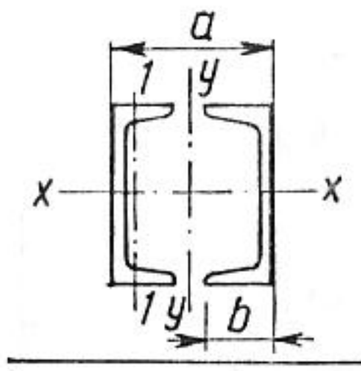


Tabelul 2.25

Caracteristici geometrice ale secțiunilor compuse din profile laminate U

Denumirea secțiunii	A, cm²	i_1 cm	b, mm	I, cm și i, cm față de axa:														
				x—x		y—y												
						pentru distanța a, mm egală cu:												
						0	8	10	12	15	80	100	120	140	150	160	180	200
][8*	22	1,33	45	I_x	212	I_y	85	114	122	131	145	692	954	1 260	1 610	1 800	2 000	2 440	2 920
				i_x	3,10	i_y	1,96	2,28	2,35	2,43	2,57	5,61	6,58	7,57	8,55	9,05	9,54	10,50	11,50
][10*	27	1,47	50	I_x	412	I_y	123	161	172	183	201	890	1 220	1 600	2 030	2 270	2 520	3 060	3 660
				i_x	3,91	i_y	2,13	2,44	2,52	2,60	2,72	5,74	6,72	7,70	8,67	9,17	9,66	10,60	11,6
]] 12*	34	1,59	55	I_x	728	I_y	173	222	236	251	274	1 150	1 570	2 050	2 600	2 900	3 220	3 910	4 660
				i_x	4,62	i_y	2,26	2,56	2,64	2,72	2,84	5,82	6,79	7,76	8,75	9,24	9,73	10,70	11,70
][14*	40,8	1,75	60	I_x	1 210	I_y	250	314	382	350	380	1 470	1 980	2 580	3 250	3 620	4 000	4 840	5 760
				i_x	5,45	i_y	2,47	2,77	2,85	2,93	3,05	6,00	6,97	7,95	8,93	9,42	9,90	10,90	11,90
][16*	48	1,89	65	I_x	1 850	I_y	334	411	433	456	493	1 810	2 420	3 120	3 920	4 360	4 820	5 810	6 900
				i_x	6,21	i_y	2,62	2,92	3,00	3,08	3,20	6,14	7,10	8,06	9,04	9,53	10,00	11,00	12,00
][18*	56	2,02	70	I_x	2 700	I_y	434	530	555	584	627	2 190	2 910	3 740	4 680	5 200	5 740	6 910	8 180
				i_x	6,95	i_y	2,78	3,07	3,14	3,23	3,34	6,25	7,21	8,17	9,14	9,64	10,10	11,10	12,10
][20*	64,4	2,14	75	I_x	3 820	I_y	556	670	702	735	787	2 620	3 460	4 430	5 520	6 120	6 750	8100	9 580
				i_x	7,70	i_y	2,94	3,23	3,32	3,38	3,51	6,38	7,83	8,29	9,26	9,75	10,20	11,20	12,20
][22	74,8	2,30	80	I_x	5 380	I_y	736	877	915	956	1 020	3 210	4 210	5 350	6 640	7 340	8 080	9 680	11 420
				i_x	8,48	i_y	3,16	3,43	3,50	3,57	3,69	6,56	7,50	8,46	9,42	9,91	10,40	11,40	12,40
][24*	84,6	2,42	85	I_x	7 200	I_y	916	1 080	1 130	1 170	1 250	3 780	4 920	6 230	7 700	8 500	9 350	11 160	13 150
				i_x	9,22	i_y	3,29	3,57	3,65	3,73	3,84	6,69	7,62	8,58	9,54	10,00	10,50	11,50	12,50
][26	96,6	2,56	90	I_x	9 640	I_y	1 170	1 370	1 420	1 480	1 570	4 540	5 870	7 390	9 100	10 020	11 000	13 100	15 390
				i_x	9,99	i_y	3,48	3,76	3,84	3,91	4,03	6,86	7,79	8,75	9,70	10,20	10,70	11,60	12,60
][30*	117,6	2,90	100	I_x	16 060	I_y	1 850	2 100	2 190	2 270	2 390	6 270	7 960	9 890	12 050	13 220	14 450	17 090	19 960
				i_x	11,70	i_y	3,97	4,22	4,32	4,40	4,51	7,30	8,23	9,17	10,10	10,60	11,10	12,00	13,00

* Sînt prevăzute în fabricație, conform STAS 564-80.



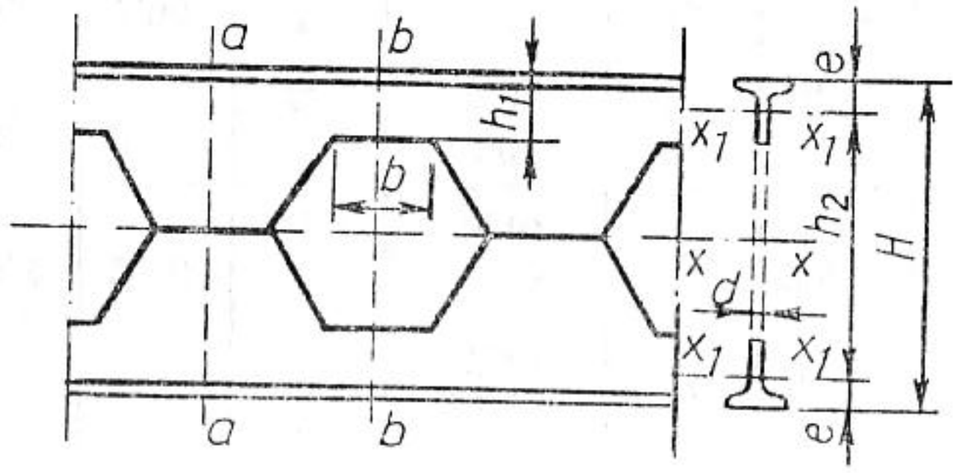
Tabelul 2.26

Caracteristici geometrice ale secțiunilor compuse din profile laminate U

Denumirea secțiunii	A, cm²	i_1, cm	I, cm² și i, cm față de axa:											
			x—x		y—y									
					pentru distanța a, mm egală cu:									
					2b	150	160	180	200	220	240	250	260	280	300
[] 8*	22	1,33	I_x	212	I_y	243	844	983	1 290	1 650	2 050	2 490	2 720	2 970	3 500	4 080
			i_x	3,10	i_y	3,33	6,19	6,68	7,66	8,66	9,65	10,60	11,10	11,60	12,60	13,60
[] 10*	27	1,47	I_x	412	I_y	380	1 010	1 180	1 560	1 990	2 470	3 010	3 300	3 660	4 240	4 940
			i_x	3,91	i_y	3,75	6,12	6,61	7,60	8,58	9,56	10,60	11,10	11,50	12,50	13,50
[] 12*	34	1,59	I_x	728	I_y	604	1 270	1 480	1 950	2 490	3 090	3 760	4 130	4 510	5 310	6 190
			i_x	4,62	i_y	4,21	6,11	6,60	7,57	8,56	9,53	10,50	11,00	11,50	12,50	13,50
[] 14*	40,8	1,75	I_x	1 210	I_y	862	1 470	1 720	2 270	2 900	3 620	4 410	4 840	5 290	6 250	7 290
			i_x	5,45	i_y	4,59	6,00	6,49	7,46	8,43	9,42	10,40	10,90	11,40	12,40	13,40
[] 16*	48	1,89	I_x	1 850	I_y	1 210	1 710	1 990	2 630	3 370	4 200	5 130	5 620	6 150	7 270	8 480
			i_x	6,21	i_y	5,03	5,97	6,44	7,40	8,38	9,35	10,30	10,80	11,30	12,30	13,30
[] 18*	56	2,02	I_x	2 700	I_y	1 670	1 970	2 300	3 040	3 880	4 840	5 920	6 500	7 100	8 400	9 810
			i_x	6,95	i_y	5,47	5,93	6,41	7,37	8,32	9,30	10,30	10,80	11,30	12,30	13,20
[] 20*	64,4	2,14	I_x	3 820	I_y	2 240	2 240	2 610	3 440	4 440	5 500	6 720	7 380	8 070	9 550	11,160
			i_x	7,70	i_y	5,89	5,89	6,36	7,31	8,27	9,24	10,20	10,70	11,20	12,20	13,20
[] 22*	74,8	2,30	I_x	5 380	I_y	2 960	—	2 960	3 910	5 020	6 270	7 670	8 420	9 220	10,929	12 760
			i_x	8,48	i_y	6,29	—	6,20	7,23	8,19	9,16	10,10	10,60	11,10	12,10	13,10
[] 24*	84,6	2,42	I_x	7 200	I_y	3 820	—	—	4 370	5 600	7 000	8 570	9 420	10 310	12 220	14 290
			i_x	9,22	i_y	6,72		—	7,19	8,14	9,10	10,10	10,60	10,00	12,00	13,00
[] 26	96,6	2,56	I_x	9 640	I_y	4 890	—	—	4 890	6 270	7 850	9 610	10 570	11 570	13 720	16 070
			i_x	9,99	i_y	7,12	—	—	7,12	8,06	9,01	9,97	10,50	10,90	11,90	12,90
[] 30*	117,6	2,90	I_x	16 060	I_y	7 260	—	—	—	7 260	9 090	11 160	12 280	13 470	16 010	18 780
			i_x	11,70	i_y	7,86	—	—	—	7,86	8,78	9,74	10,20	10,70	11,60	12,60

* Sînt prevăzute în fabricație, conform STAS 564-80.

Caracteristici geometrice ale secțiunilor grinzilor cu goluri în inimă



I_{x_1}, W_{x_1}, A_1 — mărimi statice ale unei tălpi
I_{x_a}, W_{x_a} — mărimi statice ale grinzii în secțiunea *a*
I_{x_b}, W_{x_b} — mărimi statice ale grinzii în secțiunea *b*.

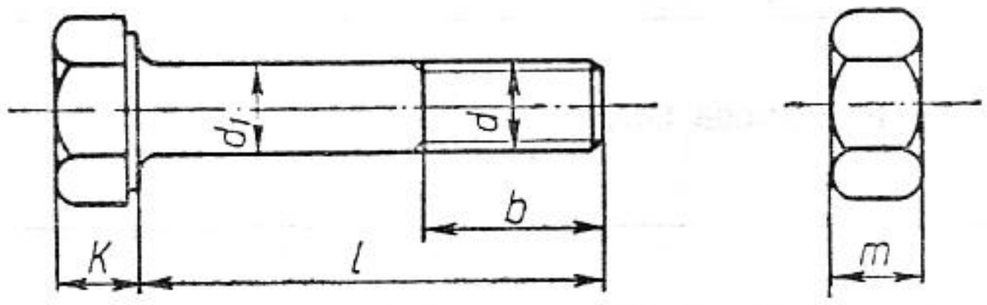
Denumirea profilului I	H, mm	h_1, mm	e, cm	h_2, mm	d, mm	A_1, cm^2	I_{x_a}, cm^4	W_{x_a}, cm^3	I_{x_b}, cm^4	W_{x_b}, cm^3	I_{x_1}, cm^4	W_{x_1}, cm^3	S_x, cm^3
14*	210	35	0,79	194,20	5,7	7,1	1 480	141	1 350	129	5,0	1,85	72
16*	240	40	0,91	221,80	6,3	8,9	2 427	202	2 212	185	6,0	2,0	113
18*	270	45	1,01	249,80	6,9	10,8	3 745	278	3 410	252	15,0	4,3	162
20*	300	50	1,14	271,60	7,5	13,0	5 517	368	5 017	336	18,5	4,8	217
22	330	55	1,15	307,00	8,1	14,3	7 492	455	6 772	410	26,3	6,0	282
24*	360	60	1,38	332,80	8,7	17,8	10 880	605	9 880	550	40,4	8,7	358
26	390	65	1,47	360,60	9,4	20,6	14 870	765	13 500	695	53,5	10,6	450
28	420	70	1,60	388,00	10,1	23,4	19 560	930	17 740	845	69,0	12,8	552
30*	450	75	1,74	415,20	10,8	26,4	25 420	1 130	22 990	1 020	95,0	16,5	670
32	480	80	1,86	442,80	11,5	29,7	32,556	1 360	29 436	1 225	118,0	19,3	800
36	540	90	2,11	497,80	13,0	36,8	50 840	1 880	45 893	1 700	193,0	28,0	1 120
40*	600	100	2,38	552,40	14,4	44,5	76 420	2 550	68 620	2 300	310,0	40,6	1 590

* Sînt prevăzute în fabricație, conform STAS 565-80

Tabelul 2.28

Şuruburi de înaltă rezistenţă pretensionate; dimensiuni piuliţe, dimensiuni mase

Şurub IP (STAS 8796/1-77) Piuliţă IP (STAS 8796/2-77)



Filet, d	d_1, mm	K, mm	l, mm	b, mm	m, mm	Masa piuliţei, kg/1 000 buc
M 12	12	8	30...80	23	10	23,3
M 16	16	10	40...100	28	13	44,8
M 20	20	13	50...120	33	16	73,9
M 22	22	14	60...140	34	18	104
M 24	24	15	70...160	37	19	155
M 27	27	17	80...180	39	22	224

Observaţii:

— Şuruburile se execută din oţel 41 M_0C11, STAS 791-80, grupele de caracteristici mecanice 8.8 şi 10.9;

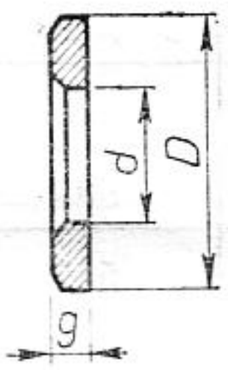
— piuliţele se execută din oţel 33 M_0C11, STAS 791-80, grupele de caracteristici mecanice 8 şi 10;

— exemplu de notare a unui şurub cu filet M 20, lungimea l=100 mm, grupa 8.8: Şurub IP-M 20×100 STAS 8796/1-77 grupa 8.8.

— exemplu de notare a unei piuliţe, pentru un şurub cu filet M 20, grupa 8: Piuliţă IP-M 20 STAS 8796/2-77 grupa 8.

Tabelul 2.29

Şuruburi de înaltă rezistenţă pretensionate; şaibe



Filetul şurubului	d, mm	D, mm	g, mm	Masa, kg/1 000 buc
M 12	13	28	4	14,0
M 16	17	34	4	19,5
M 20	21	39	5	30,4
M 22	23	44	5	40,2
M 24	25	50	6	65,1
M 27	28	56	6	81,8

Observaţii:

— dimensiunile sînt extrase din STAS 8796/3-77;

— exemplu de notare a unei şaibe pentru şurub sau piuliţă cu filet metric M 24: Şaibă IP-24 STAS 8796/3-77;

— se execută din oţel 41 M_0C11 STAS 794-80

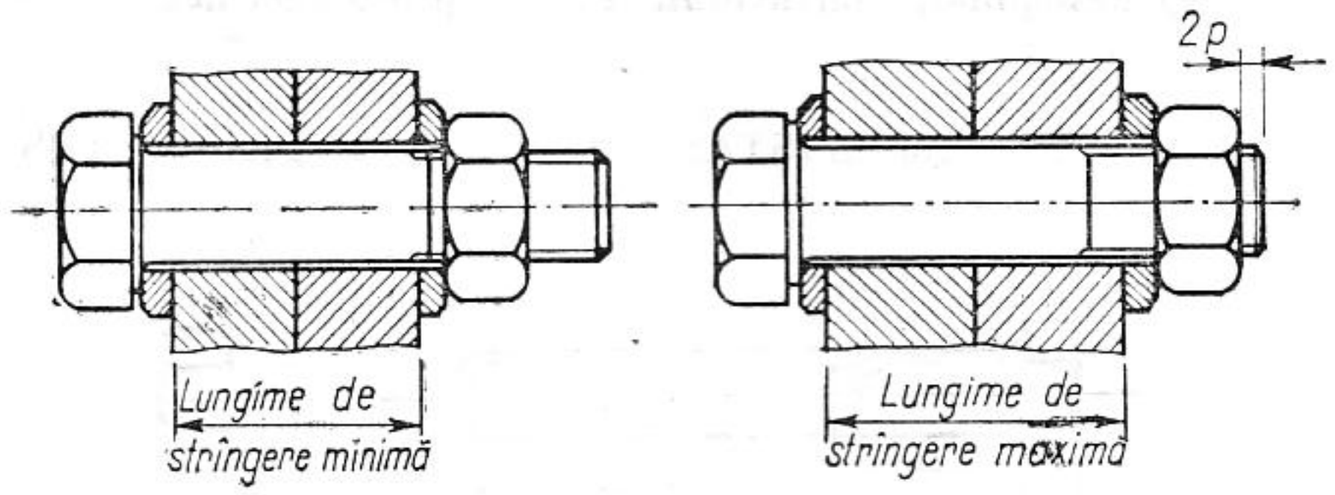
Tabelul 2.30

Șuruburi de înaltă rezistență pretensionate; mase (STAS 8796/1-77)

Filetul șurubului, *d* / Lungimea șurubului *l*, (mm)	M 12	M 16	M 20	M 22	M 24	M 27
	Masa șurubului, kg/1 000 buc.					
30	42					
35	52					
40	56	105				
45	59	113				
50	64	121	194			
55	68	129	207			
60	72	137	219	279		
65	77	145	232	294		
70	81	153	244	309	389	
75	86	157	257	324	407	
80	90	165	269	339	425	564
85		173	282	354	443	587
90		181	288	363	449	609
95		189	301	378	467	632
100		197	313	393	485	645
105			326	408	503	666
110			338	423	521	687
115			351	438	539	708
120			363	453	557	729
125				468	575	750
130				483	593	771
135				498	611	792
140				513	629	813
145					647	834
150					665	855
155					683	876
160					700	897
165						918
170						939
175						960
180						981

Tabelul 2.31

Lungimi de strîngere ale şuruburilor de înaltă rezistenţă pretensionate (STAS 8796/1-77)

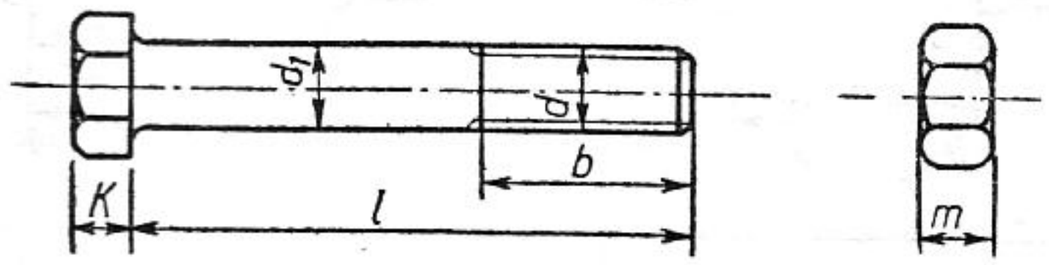


Filetul şurubului, *d* / Lungimea şurubului *l*, (mm)	M 12	M 16	M 20	M 22	M 24	M 27
	Lungimea de strîngere, mm					
30	...10					
35	6...13					
40	11...18	6...15				
45	16...23	11...20				
50	21...28	16...25	10...19			
55	26...33	21...30	15...24			
60	31...38	26...35	20...29	18...27		
65	36...43	31...40	25...34	23...32		
70	41...48	36...45	30...39	28...37	24...33	
75	46...53	41...50	35...44	33...42	29...38	
80	51...58	46...55	40...49	38...47	34...43	32...40
85		51...60	45...54	43...52	39...48	37...45
90		56...65	50...59	48...57	44...53	42...50
95		61...70	55...64	53...62	49...58	47...55
100		66...75	60...69	58...67	54...63	52...60
105			65...74	63...72	59...68	57...65
110			70...79	68...77	64...73	62...70
115			75...84	73...82	69...78	67...75
120			80...89	78...87	74...83	72...80
125				83...92	79...88	77...85
130				88...97	84...93	82...90
135				93...102	89...98	87...95
140				98...107	94...103	92...100
145					99...108	97...105
150					104...113	102...110
155					109...118	107...115
160					114...123	112...120
165						117...125
170						122...130
175						127...135
180						132...140

Tabelul 2.32

Şuruburi grosolane, cu cap hexagonal; dimensiuni. Piulițe grosolane, hexagonale; dimensiuni, mase

Șurub (STAS 920-69) Piuliță (STAS 922-76)



Filet, d	d_1, mm	K, mm	l, mm	b, pentru :			m, mm	Masa piuliței, kg/1 000 buc.
				$l \leqslant 125$	$l > 125 \leqslant 200$	$l > 200$		
M6	6	4,0	25... 75	18	—	—	5	2,32
M8	8	5,5	30... 80	22	—	—	6,5	4,62
M10	10	7,0	35...200	26	32	—	8	10,90
M12	12	8,0	40...260	30	36	49	10	15,9
(M14)	14	9,0	45...260	34	40	53	11	25,0
M16	16	10	50...260	38	44	57	13	30,8
(M18)	18	12	55...260	42	48	61	15	50,8
M20	20	13	60...260	46	52	65	16	60,3
(M22)	22	14	65...260	50	56	69	18	80,2
M24	24	15	70...260	54	60	73	19	103
(M27)	27	17	75...260	60	66	79	22	154
M30	30	19	80...260	66	72	85	24	216
(M33)	33	21	90...260	72	78	91	26	271
M36	36	23	100...260	78	84	97	29	369
M42	42	26	110...260	90	96	109	34	610
M48	48	30	120...260	102	108	121	38	924

Observații:

— exemplu de notare pentru un șurub cu filet M20, lungimea l=100 mm, grupa de caracteristici mecanice 5.6: Șurub M20×100 STAS 920-69 grupa 5.6;

— exemplu de notare a unei piulițe cu filet M10, grupa 5: Piuliță M10 STAS 922-76 grupa 5;

— șuruburile și piulițele se execută cu grupe de caracteristici mecanice ca în tabelul 2.39;

— dimensiunile din paranteză se vor evita pe cît posibil.

Tabelul 2.33

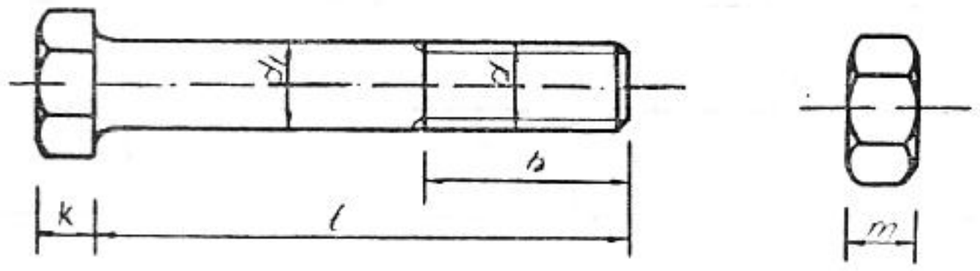
Şuruburi grosolane, cu cap hexagonal; mase (STAS 920-69)

Filet d / l, mm	M 6	M 8	M 10	M 12	M 16	M 20	M 24	M 30
	Masa, kg/1 000 buc							
25	7,3							
30	8,4	17,3						
35	9,5	19,2	32,0					
40	10,6	21,1	35,1	50,0				
45	11,7	23,0	38,2	54,4				
50	12,8	24,9	41,3	58,8	109			
55	13,9	26,8	44,4	63,2	117			
60	15,0	28,7	47,5	67,7	125	207		
65	16,1	30,6	50,6	72,0	133	219		
70	17,2	32,5	53,7	76,4	141	231	346	
75	18,3	34,4	56,8	80,8	149	243	364	
80		36,3	59,9	85,2	157	260	382	642
90			66,1	94,2	173	284	418	712
100			72,3	103	189	308	454	768
110			78,5	112	205	332	490	824
120			84,7	121	221	356	526	880
130			90,9	130	237	380	562	936
140			97,1	139	253	404	598	992
150			103	148	269	428	634	1 050
160			109	157	285	452	670	1 100
180			121	175	317	501	742	1 210
200			133	193	349	550	814	1 320
220				211	381	599	886	1 430
240				229	413	648	958	1 540
260				247	445	697	1 030	1 650

Tabelul 2.34

Şuruburi semiprecise, cu cap hexagonal; dimensiuni
Piulițe semiprecise, hexagonale; dimensiuni, mase

Şurub (STAS 6220-69) Piuliță



Filet, d	d_1, mm	K, mm	l, mm	b, mm pentru:			m, mm	Masa piuliței, kg /1 000 buc
				$l \leqslant 125$	$l > 125 \leqslant 200$	$l > 200$		
M5	5	3,5	20...45	16	—	—	4	1,23
M6	6	4	25... 60	18	—	—	5	2,32
M8	8	5,5	30... 80	22	28	—	6,5	5,39
M10	10	7	35...110	26	32	—	8	10,9
M12	12	8	40...170	30	36	—	10	15,1
(M14)	14	9	45...180	34	40	—	11	25,0
M16	16	10	50...200	38	44	57	13	30,8
(M18)	18	12	55...200	42	48	61	15	50,8
M20	20	13	60...200	46	52	65	16	60,3
(M22)	22	14	65...200	50	56	69	18	80,9
M24	24	15	70...200	54	60	73	19	111
(M27)	27	17	75...200	60	66	79	22	166
M30	30	19	85...260	66	72	85	24	232
(M33)	33	21	90...260	72	78	91	26	298
M36	36	23	100...260	78	84	97	29	398
M42	42	26	110...260	90	96	109	34	657
M48	48	30	120...260	102	108	121	38	924

Observații:

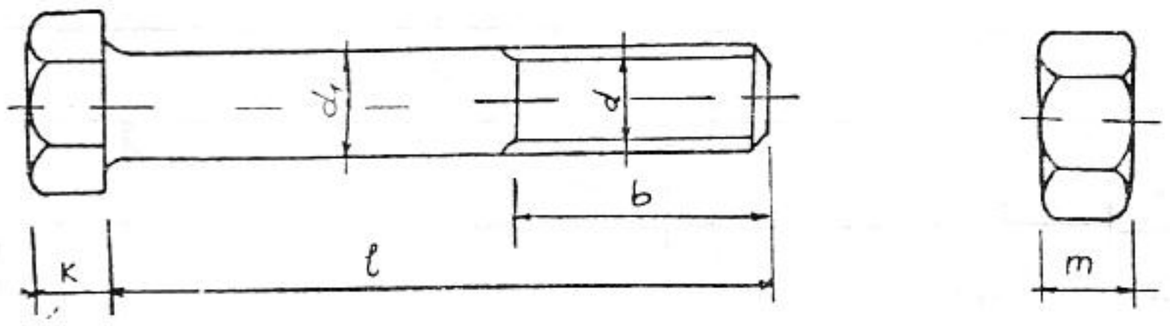
— exemplu de notare pentru un șurub cu filet M20, lungimea l=100 mm, grupa de caracteristici mecanice 5.6: Șurub M20×100 STAS 6220-69 grupa 5.6.
— exemplu de notare a unei piulițe cu filet M20, grupa 5: Piuliță M20 grupa 5;
— șuruburile și piulițele se execută cu grupe de caracteristici mecanice ca în tabelul 2.39;
— dimensiunile din paranteză se vor evita pe cît posibil.

Tabelul 2.35

Şuruburi semiprecise, cu cap hexagonal; mase (STAS 6220-69)

Filet d / l, mm	M 6	M 8	M 10	M 12	M 16	M 20	M 24	M 30
	Masa, kg/1 000 buc							
25	7,31							
30	8,43	16,4						
35	9,54	18,3	31,9					
40	10,7	20,3	35,0	49,7				
45	11,8	22,3	38,1	54,1				
50	12,9	24,3	41,1	58,5	108			
55	14,0	26,2	44,2	63,0	115			
60	15,1	28,2	47,3	67,4	123	212		
65		30,2	50,4	71,9	131	224		
70		32,1	53,5	76,3	139	237	347	
75		34,1	56,6	80,7	147	249	365	
80		36,1	59,7	85,2	155	262	383	
85			62,7	89,6	163	274	400	699
90			65,8	94,1	171	286	418	726
100			72,0	103	186	311	454	779
110			78,2	112	202	336	489	834
120				121	218	360	525	890
130				130	234	385	560	946
140				138	250	410	596	1 001
150				147	266	434	631	1 057
160				155	280	457	663	1 108
170				164	295	482	698	1 163
180					311	506	734	1 219
190					327	531	769	1 274
200					343	556	805	1 330
220								1 441
240								1 552
260								1 663

Şuruburi precise cu cap hexagonal; dimensiuni
Piulițe precise, hexagonale; dimensiuni, mase



Filet d	d_1, mm	k, mm	l, mm	b, mm pentru:			m, mm	Masa piuliței, kg/1 000 buc
				$l \leqslant 125$	$l > 125 \leqslant 200$	$l > 200$		
M5	5	3,5	20... 80	16	—	—	4	1,23
M6	6	4,0	25... 80	18	—	—	5	2,32
M8	8	5,5	30...100	22	—	—	6,5	5,39
M10	10	7	35...160	26	32	—	8	10,9
M12	12	8	40...180	30	36	—	10	15,1
(M14)	14	9	45...200	34	40	—	11	25,0
M16	16	10	50...220	38	44	57	13	30,8
(M18)	18	12	55...220	42	48	61	15	50,8
M20	20	13	60...220	46	52	65	16	60,3
(M22)	22	14	65...220	50	56	69	18	80,0
M24	24	15	70...220	54	60	73	19	111
(M27)	27	17	75...220	60	66	79	22	166
M30	30	19	90...260	66	72	85	24	232
(M33)	33	21	100...260	72	78	91	26	298
M36	36	23	100...260	78	84	97	29	398
M42	42	26	110...260	90	96	109	34	657
M48	48	30	120...260	102	108	121	38	924

Observații:

— exemplu de notare pentru un șurub cu filet M20, lungimea l=100 mm, grupa de caracteristici mecanice 5.6: Șurub M20×100 STAS 4272-70 grupa 5.6;
— exemplu de notare a unei piulițe cu filet M20, grupa 5: Piuliță M20 STAS 4071-79 grupa 5;
— șuruburile și piulițele se execută cu grupe de caracteristici mecanice ca în tabelul 2.39;
— dimensiunile din paranteză se vor evita pe cît posibil.

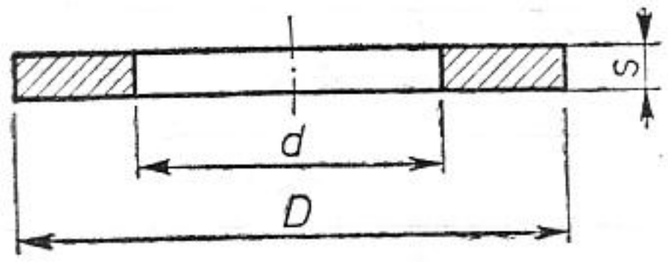
Tabelul 2.37

Şuruburi precise, cu cap hexagonal; mase (STAS 4272-70)

Filet d / l, mm	M 6	M 8	M 10	M 12	M 16	M 20	M 24	M 30
	Masa, kg/1 000 buc							
25	7,34	16,4						
30	8,40	16,4						
35	9,47	18,3	31,9					
40	10,6	20,3	34,9	49,3				
45	11,6	22,3	38,0	53,6				
50	12,7	24,2	41,1	59,1	109			
55	13,6	26,2	43,8	62,6	117			
60	14,7	28,2	46,9	67,0	125	207		
65	15,7	30,2	50,0	70,3	132	219		
70	16,8	32,1	53,2	74,7	141	231	347	
75	17,9	34,1	56,2	79,1	149	244	364	
80	18,9	36,1	59,2	83,6	157	256	382	
90		40,1	65,4	92,4	171	277	409	712
100		44,1	71,6	100	186	301	445	767
110			77,7	109	202	326	480	810
120			83,9	118	218	351	516	866
130			90,0	127	234	375	551	921
140			96,2	136	250	400	587	977
150			102	145	265	425	622	1 030
160			108	153	281	449	658	1 090
170				162	297	474	693	1 140
180				171	313	499	728	1 200
190					328	523	764	1 250
200					344	548	799	1 310
220					376	597	870	1 420
240								1 530
260								1 690

Tabelul 2.38

Şaibe plate, grosolane; dimensiuni, mase



Filetul şurubului	*d*, mm	*D*, mm	*s*, mm	Masa kg/1 000 buc
M6	7	12,5	1,6	1,12
M8	10	17	1,6	2,06
M10	12	21	2	3,93
M12	15	24	2,5	5,89
M16	19	30	3	10,7
M20	24	37	3	16,5
M24	28	44	4	22,8
M30	35	56	4	51,0

Observaţii:

— dimensiunile sînt extrase din STAS 1388-72;

— se confecţionează din oţel OL 34;

— exemplu de notare a unei şaibe pentru un şurub cu cap hexagonal, cu filet M20: Şaibă 20 STAS 1388-72.

Tabelul 2.39

Grupe de caracteristici mecanice ale şuruburilor (STAS 2700/3-80)

Categoria de execuţie	Grupa de caracteristici mecanice										
	4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	6.8	6.9	8.8	10.9	12.9	14.9
Precise	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Semiprecise	x	x	x	x	x	x	x	x			
Grosolane	x	x									

Observaţii:

— primul număr al grupei de caracteristici mecanice reprezintă 1/10 din rezistenţa minimă de rupere la tracţiune, în kgf/mm^2;

— al doilea număr reprezintă de zece ori raportul dintre limita de curgere şi rezistenţa minimă de rupere la tracţiune;

— prin înmulţirea celor două numere rezultă limita de curgere, în kgf/mm^2.

Tabelul 2.40

Nituri: diametru nominal, diametru de calcul, diametrul găurii

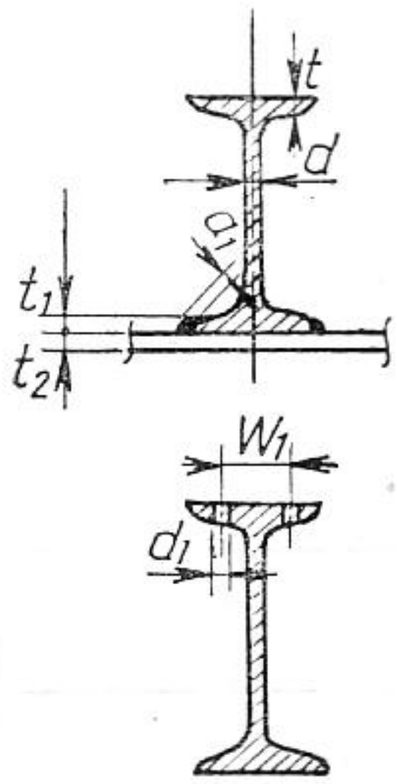
Diametrul de calcul d al nitului	13	(15)	17	(19)	21	(23)	25	(28)	31	(34)	37
Diametrul nominal al nitului d_1	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30	(33)	36
Diametrul găurii Ø	13	15	17	19	21	23	25	28	31	34	37
Diametrul la filet al șurubului corespunzător	M12	(M14)	M16	(M18)	M20	(M22)	M24	(M27)	M30	(M33)	M36

(...) se vor evita pe cît posibil

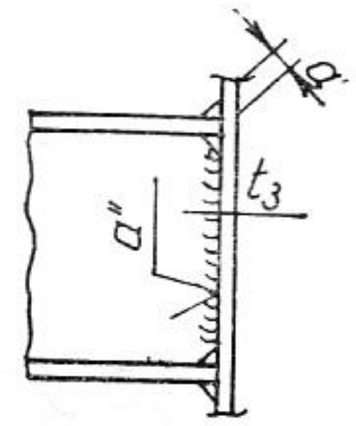
Tabelul 2.41

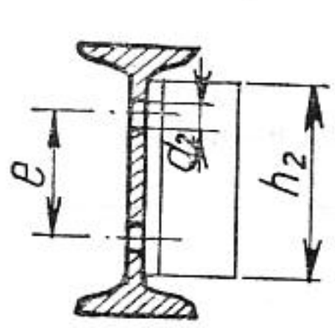
OȚEL I

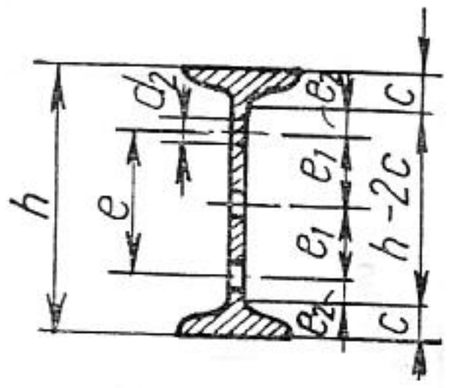
Date constructive pentru realizarea prinderilor



$a_1 \leqslant 0{,}7t_1$ cînd $t_1 < t_2$
$a_1 \leqslant 0{,}7t_2$ cînd $t_2 < t_1$
$a' \leqslant 0{,}7t$ cînd $t < t_3$
$a' \leqslant 0{,}7t_3$ cînd $t_3 < t$
$a'' \leqslant 0{,}7g$ cînd $d < t_3$
$a'' \leqslant 0{,}7t_3$ cînd $t_3 < d$





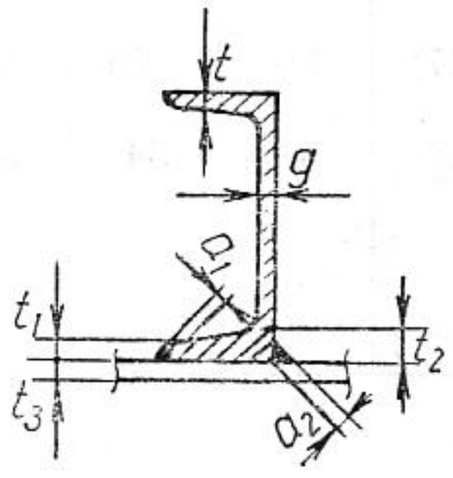


Simbol I	Grosimea t_1	Grosimi de sudură maxime			Găurire								
		Tălpi		Inimă	Tălpi		Inimă						
		$t_1 < t_2$ a_1	$d < t_2$ a'	$d < t_3$ a''	d_{1max}	w_1	$h-2c$	h_2	e_{max} pentru $d_2=$				
									13	17	21	23	25
8	4,43	3,0	4,0	—	—	22	59	60	—	—	—	—	—
10	5,05	3,5	4,5	3,0	—	28	75	75	—	—	—	—	—
12	5,67	4,0	5,0	3,5	—	32	92	90	50	—	—	—	—
14	6,29	4,0	6,0	4,0	—	34	109	100	60	50	—	—	—
16	6,91	4,5	6,5	4,0	—	40	125	120	80	70	60	—	—
18	7,53	5,0	7,0	4,5	13	44	142	140	100	90	80	70	—
20	8,15	5,5	7,5	5,0	13	48	159	160	120	110	100	90	80
22	8,77	6,5	8,5	5,5	13	52	176	170	130	120	110	100	90
24	9,39	6,5	9,0	6,0	17	56	192	190	150	140	130	120	110
26	10,15	7,0	9,5	6,5	17	60	208	200	160	150	140	130	120
28	11,04	8,0	10,5	7,0	17	62	225	220	180	170	160	150	140
30	11,83	8,0	11,0	7,5	21	64	241	240	200	190	180	170	160
32	12,72	8,5	12,0	8,0	21	70	258	250	—	200	190	180	170
36	14,50	10,0	13,5	9,0	23	76	290	290	—	240	230	220	210
40	16,18	11,5	15,0	10,5	23	86	323	320	—	—	260	250	240
În cazul folosirii a mai mult de două șiruri de nituri							e_1 min		39	51	63	69	75
							e_2 min		20	26	32	35	38

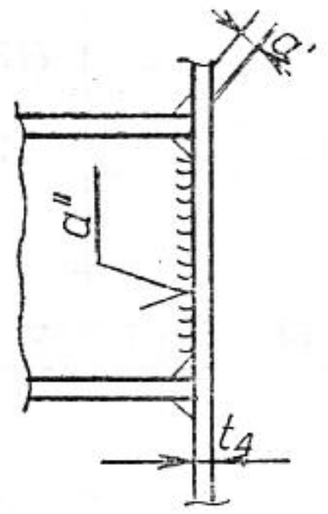
Pentru oțel I STAS 565-80	Observații: Dimensiunile sînt date în mm

OȚEL ⊏

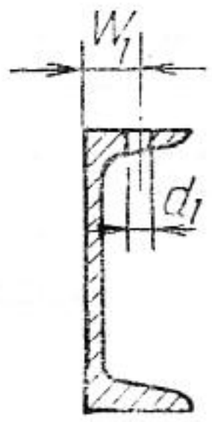
Date constructive pentru realizarea prinderilor

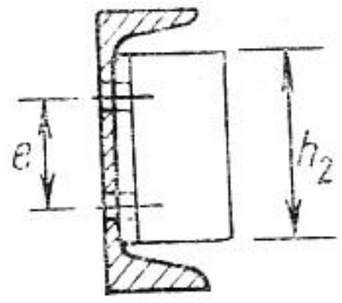


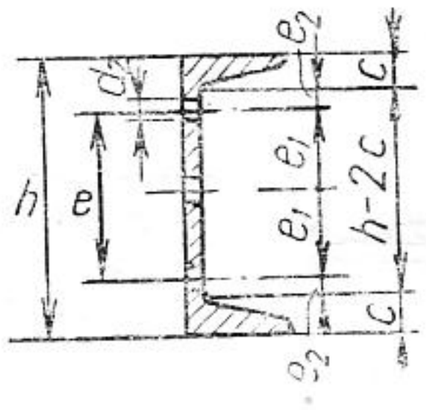
$a_1 \leqslant 0{,}7t_1$ cînd $t_1 < t_3$
$a_1 \leqslant 0{,}7t_2$ cînd $t_3 < t_1$
$a_2 \leqslant 0{,}7t_2$ cînd $t_2 < t_3$
$a_2 \leqslant 0{,}7t_3$ cînd $t_3 < t_2$



$a' \leqslant 0{,}7t$ cînd $t \leqslant t_3$
$a' \leqslant 0{,}7t_3$ cînd $t_3 < t$
$a'' \leqslant 0{,}7g$ cînd $g < t_3$
$a'' \leqslant 0{,}7t_3$ cînd $t_3 < g$







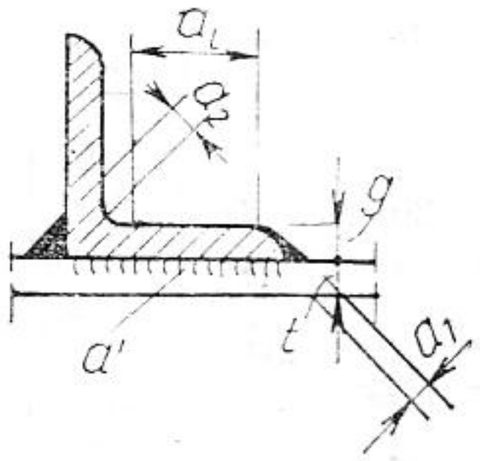
Simbol ⊏	Grosimea		Grosimi sudură maxime				Găurire								
			Tălpi			Inimă	Tălpi		Inimă						
											e_{max}, pentru d_2=				
	t_1	t_2	$(t_1 < t_3)$ a_1	$(t_2 < t_3)$ a_2	$(t < t_4)$ a'	$(g < t_4)$ a''	d_{1max}	w_1	$h-2c$	h_2	13	17	21	23	25
5	5,5	8,5	3,5	6,0	5,0	3,5	—	20	20	20		—	—	—	—
6,5	5,7	8,9	4,0	6,0	5,0	3,5	—	25	33	30	—	—	—	—	—
8	6,2	9,8	4,0	6,5	5,5	4,0	13	25	46	45	—	—	—	—	—
10	6,5	10,5	4,5	7,0	5,0	4,0	13	30	64	65	—	—	—	—	—
12	6,8	11,2	4,5	7,5	6,0	5,0	17	30	82	80	—	—	—	—	—
14	7,6	12,4	5,0	8,5	6,5	5,0	17	35	98	95	55	—	—	—	—
16	7,9	13,1	5,5	9,0	7,0	5,0	21	35	115	110	80	60	—	—	—
18	8,2	13,8	5,5	9,5	7,5	5,5	21	40	133	130	90	80	65	—	—
20	8,5	14,5	6,0	10,0	7,5	6,0	23	40	151	150	110	100	85	80	—
22	9,3	15,7	6,5	11,0	8,5	6,0	23	45	167	160	—	110	95	90	80
24	9,6	16,4	6,5	11,5	8,5	6,5	25	45	184	180	—	130	115	110	100
26	10,4	17,6	7,0	12,0	9,5	7,0	25	50	200	200	—	150	135	130	120
30	12,0	20,0	8,0	14,0	10,5	7,0	25	55	232	230	—	—	165	160	150
În cazul folosirii a mai mult de două șiruri de nituri									e_1 min		39	51	63	69	75
									e_2 min		20	26	32	35	38

Pentru oțel ⊏
STAS 564-80

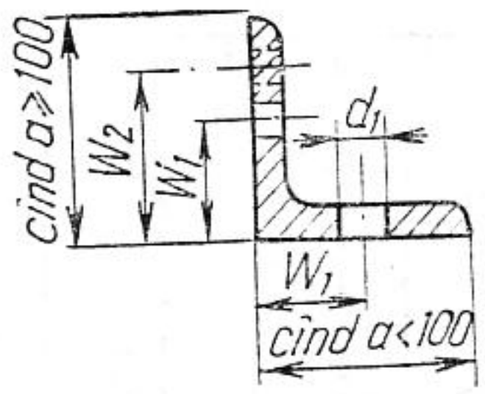
Observații: Dimensiunile sînt date în mm.

OȚEL CORNIER CU ARIPI EGALE

Date constructive pentru realizarea prinderilor

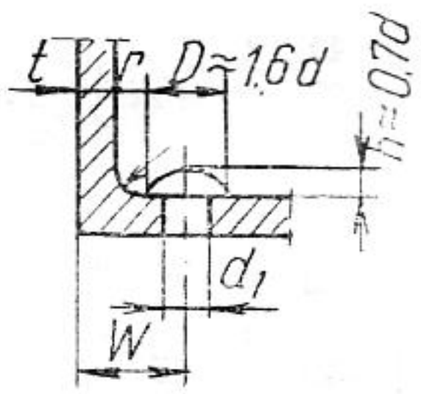


$a_1 < 0{,}7g$ cînd $g < t$
$a_1 < 0{,}7t$ cînd $t < g$
$a_2 < 0{,}84g$ cînd $g < t$
$a_2 < 0{,}7t$ cînd $t < g$

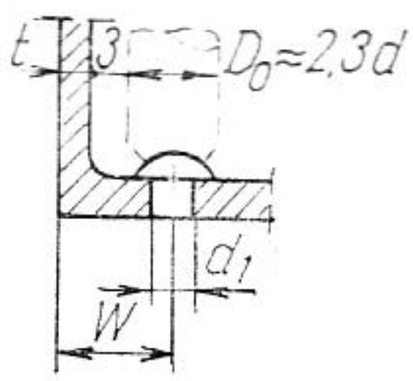


Gabarite pentru executarea îmbinărilor

A. Îmbinări nituite

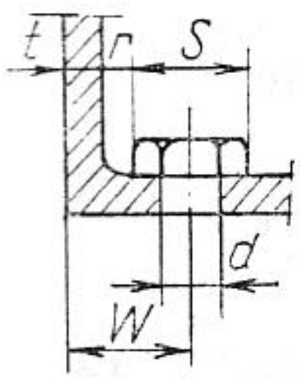


a

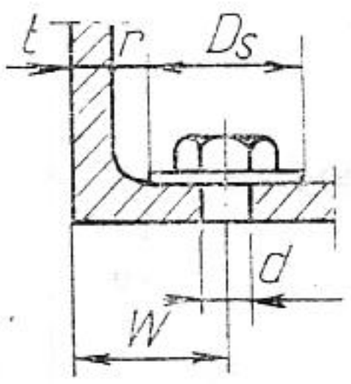


b

B. Îmbinări cu șuruburi



c.



d

Simbol L	Grosimi de sudură maxime		$a_i \sim$	Găurire							
				d_{1max}	w obișnuit		$w_{1\,min}^{*}$ pentru d_1=				
	$(g<t)$ a_1	$(1{,}2g<t)$ $a_2=a_1$			w_1	w_2	13	17	21	23	25
40 × 40 × 3	—	—	28	—	—	—	—	—	—	—	—
4	(2,5)	3,0	27				—	—	—	—	—
5	3,5	4,0	26				—	—	—	—	—
45 × 45 × 4	2,5	3,0	30	13	25	—	23	—	—	—	—
5	3,5	4,0	29				24	—	—	—	—
6	4,0	5,0	28				25	—	—	—	—
50 × 50 × 4	2,5	3,0	35	13	30	—	23	—	—	—	—
5	3,5	4,0	34				24	—	—	—	—
6	4,0	5,0	33				25	—	—	—	—
7	4,5	5,5	22				26	—	—	—	—
60 × 60 × 5	3,5	4,0	43	17	35	—	25	28	—	—	—
6	4,0	5,0	42				26	29	—	—	—
8	5,5	6,5	40				28	31	—	—	—
10	7,0	8,0	38				30	33	—	—	—
70 × 70 × 6	4,0	5,0	50	21	40	—	27	30	33	—	—
7	4,5	5,5	49				28	31	34	—	—
8	5,5	6,5	48				29	32	35	—	—

Tabelul 2.43 (continuare)

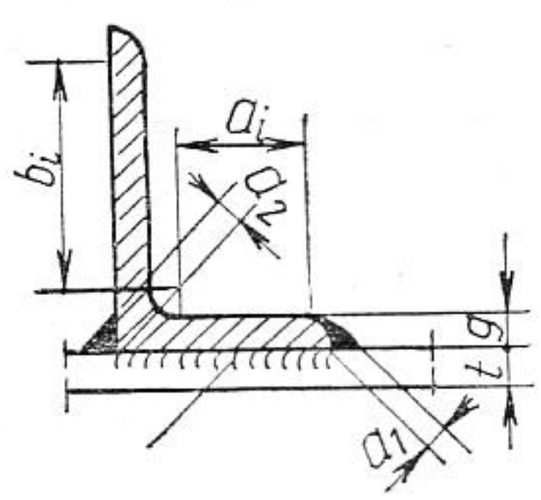
Simbol L	Grosimi de sudură maxime		$a_i \sim$	Găurire							
				d_{1max}	w obișnuit		w^*_{1max} pentru $d_1=$				
	$(g<t)$ a_1	$(1{,}2g<t)$ $a_2=a_1$			w_1	w_2	13	17	21	23	25
70 × 70 × 9	6,0	7,5	47	21	40	—	30	33	36	—	—
10	7,0	8,0	46				31	34	37	—	—
80 × 80 × 6	4,0	5,0	59	23	45	—	28	31	34	36	—
8	5,5	6,5	57				30	33	36	38	—
10	7,0	8,0	55				32	35	38	40	—
90 × 90 × 8	5,5	6,5	66	25	50	—	31	34	37	39	41
9	6,0	7,5	65				32	35	38	40	42
11	7,5	9,0	63				34	37	40	42	44
100 × 100 × 8	5,5	6,5	74	25	45	60	32	35	38	40	42
10	7,0	8,0	72				34	37	40	42	44
12	8,0	10,0	70				36	39	42	44	45
120 × 120 × 10	7,0	8,0	90	25	50	80	—	38	41	43	45
12	8,0	10,0	88				—	40	43	45	47
130 × 130 × 12	8,0	10,0	97	25	50	90	—	41	44	46	43
14	9,5	11,5	95				—	43	46	48	50
16	11,0	13,5	93				—	45	48	50	50
140 × 140 × 12	8,0	10,0	105	28	50	95	—	—	45	47	49
14	9,5	11,5	103				—	—	47	49	50
16	11,0	13,5	101				—	—	49	51	53
150 × 150 × 12	8,0	10,0	114	28	50	105	—	—	46	48	50
14	9,5	11,5	112				—	—	48	50	50[c]
16	11,0	13,5	110				—	—	50	50[c]	50[a]
18	12,5	15,0	108				—	—	50[c]	50[a]	—
160 × 160 × 12	8,0	10,0	122	28	60	115	—	—	—	49	51
14	9,5	11,5	120				—	—	—	51	53
16	11,0	13,5	118				—	—	—	53	55
18	12,5	15,0	116				—	—	—	55	57

* Pentru situația cea mai defavorabilă conform figurilor *a*, *b*, *c*, *d*.
a sau *c* — conform figurii *a*, respectiv *c*.

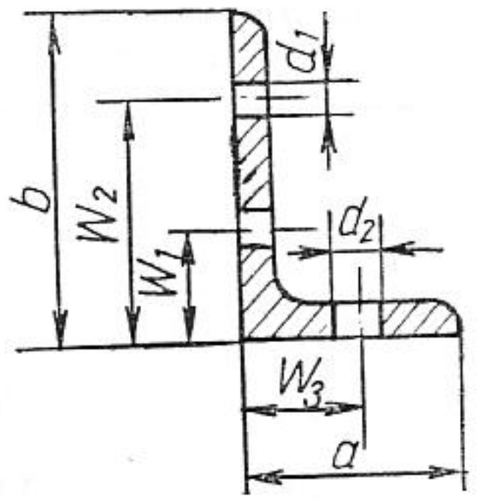
Pentru oțel cornier STAS 424-80	Observații: — Dimensiunile sînt date în mm. — pentru $a<100$ mm — un rînd de nituri sau șuruburi — pentru $a\geqslant 100$ mm — două rînduri de nituri sau șuruburi.

OȚEL CORNIER CU ARIPI NEEGALE

Date constructive pentru realizarea prinderilor

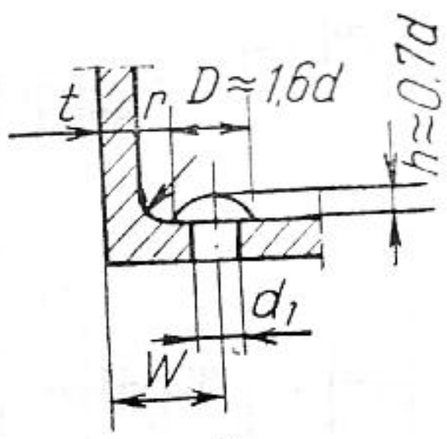


$a_1 \leqslant 0{,}7g$ cînd $g<t$
$a_1<0{,}7t$ cînd $t<g$
$a_2<0{,}84g$ cînd $g<t$
$a_2<0{,}7t$ cînd $t<g$

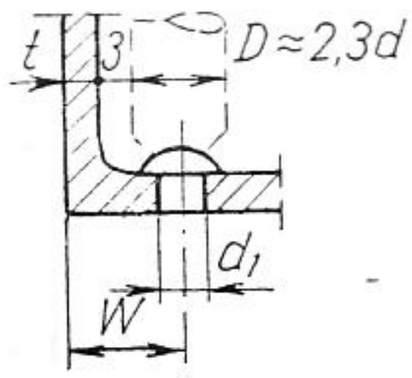


Gabarite pentru executarea îmbinărilor.

A. Îmbinări nituite

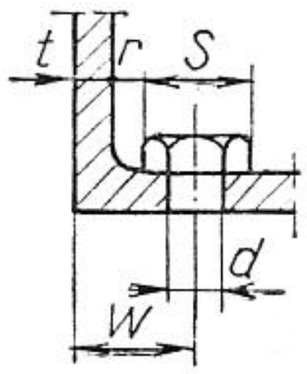


a.

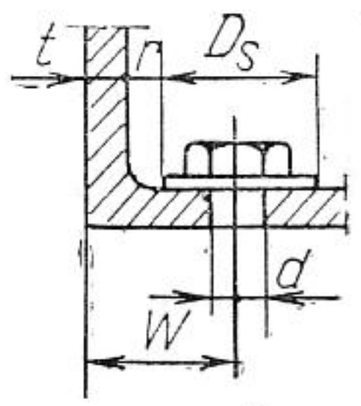


b.

B. Îmbinări cu șuruburi



c



d.

Simbol L	Grosimi de sudură maxime		a_i ~	b_i ~	Găurire									
					d_1	d_2	w obișnuit			$w_1^*(3)_{min}$ pentru $d=$				
	$(g<t)$ a_1	$(1{,}2g<t)$ $a_2=a_1$			*max.*		w_1	w_2	w_3	13	17	21	23	25
45 × 30 × 4	—	3,0	19	34	13	—	25	—	—	22	—	—	—	—
5	3,5	4,0	18	33						23	—	—	—	—
60 × 30 × 5	3,5	4,0	16	46	17	—	35	—	—	23	28	—	—	—
6	4,0	5,0	15	45						24	29	—	—	—
60 × 40 × 5	3,5	4,0	26	46	17	—	35	—	—	23	28	—	—	—
6	4,0	5,0	25	45						24	29	—	—	—
7	4,5	5,5	24	44						25	30	—	—	—
65 × 50 × 6	4,0	5,0	34	49	21	13	35	—	30	25	29	33	—	—
7	4,5	5,5	33	48						26	30	34	—	—
8	5,5	6,5	32	47						27	31	35	—	—
75 × 50 × 7	4,5	5,5	32	57	23	13	40	—	30	26	30	34	37	—

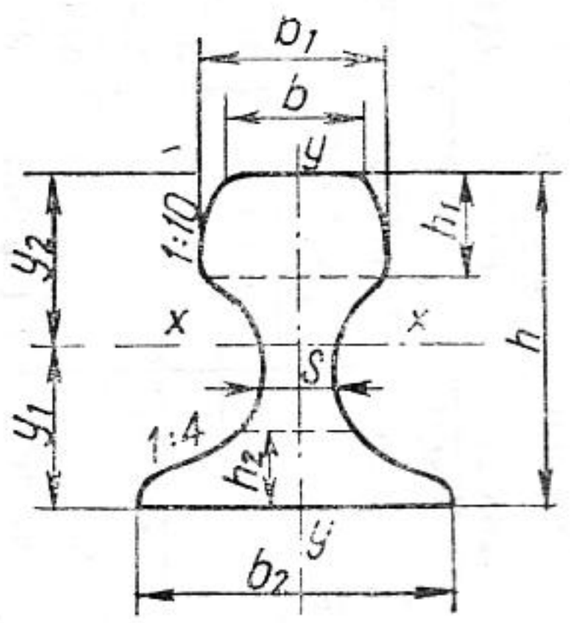
Tabelul 2.44 (continuare)

Simbol L	Grosimi de sudură maxime		a_i ~	b_i ~	Găurire									
					d_1	d_2	w obișnuit			$w_1^*(3)_{min}$ pentru $d=$				
	$(g<t)$ a_1	$(1{,}2g<t)$ $a_2=a_1$			*max.*		w_1	w_2	w_3	13	17	21	23	25
80 × 60 × 7	4,5	5,5	41	61	23	17	45	—	35	27	30	34	37	—
80 × 65 × 6	4,0	5,0	47	62	23	21	45	—	35	26	29	33	36	—
8	5,5	6,5	45	60						28	31	35	38	—
10	7,0	8,0	43	58						30	33	35	40	—
90 × 60 × 6	4,0	5,0	43	73	25	17	50	—	35	25	29	33	36	38
8	5,5	6,5	41	71						27	31	35	38	40
100 × 50 × 8	5,5	6,5	28	78	25	13	45	60	30	29	32	35	38	40
10	7,0	8,0	26	76						30	34	37	40	42
100 × 75 × 7	4,5	5,5	53	78	25	23	45	60	40	29	32	35	37	39
9	6,0	7,5	51	76						31	34	37	39	41
11	7,5	—	49	74						33	36	39	40	43
120 × 80 × 8	5,5	6,5	55	95	25	23	50	80	45	—	34	37	39	41
10	7,0	8,0	53	93						—	36	39	41	43
12	8,0	10,0	51	91						—	38	41	43	45
150 × 90 × 10	7,0	8,0	61	121	28	25	50	105	50	—	38	41	43	45
12	8,0	10,0	59	119						—	40	43	45	47
150 × 100 × 10	7,0	8,0	70	120	28	25	50	105	45	—	38	41	43	42[a]
12	8,0	10,0	68	118						—	40	43	45	44[a]
14	9,5	11,5	66	116						—	42	45	47	45[a]

* Pentru situația cea mai defavorabilă conform figurilor *a*, *b*, *c*, *d*
a — conform figurii *a*.

Pentru oțel cornier STAS 425-80

Observații: — Dimensiunile sînt date în mm.
— Pentru $b<100$ mm — un rînd de nituri sau șuruburi.
— Pentru $b\geqslant 100$ mm — două rînduri de nituri sau șuruburi



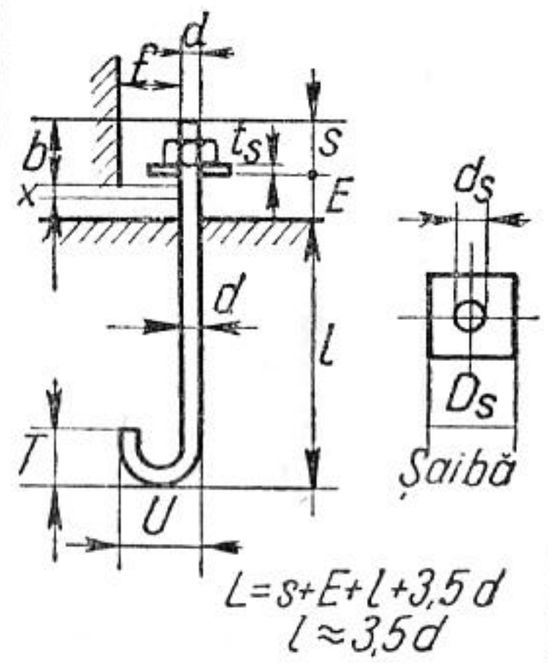
Tipuri de șină pentru grinzile căilor de rulare
(după GOST 4121-62)

Dimensiuni / Tipuri de șină	b, mm	b_1, mm	b_2, mm	s, mm	h, mm	h_1, mm	h_2, mm	A, cm²	y_1, cm	y_2, cm	I_x, cm⁴	I_y, cm⁴	Masa, kg/m
KP 50	50	55	90	20	90	25	20	38,02	4,32	4,68	357	111	29,85
KP 60	60	65,5	105	24	105	27,5	22	50,99	4,83	5,67	654	195	40,03
KP 70	70	76,5	120	28	120	32,5	24	67,30	5,93	6,07	1 081	327	52,83
KP 80	80	87	130	32	130	35	26	81,13	6,43	6,57	1 547	482	63,69
KP 100	100	108	150	38	150	40	30	113,32	7,60	7,40	2 864	940	88,96
KP 120	120	129	170	44	170	45	35	150,44	8,43	8,57	4 923	1 694	118,10
KP 140	140	150	190	50	190	50	40	195,53	9,84	9,16	7 427	2 483	153,49

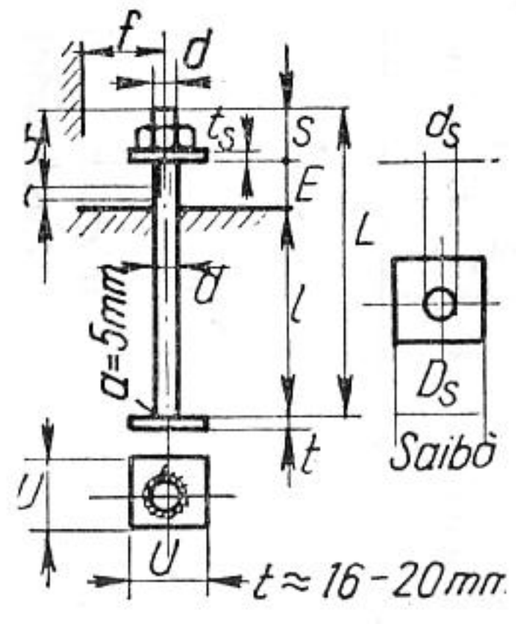
Șuruburi de ancorare. Ancorare directă. Elemente constructive și de calcul

Tabelul 2.46

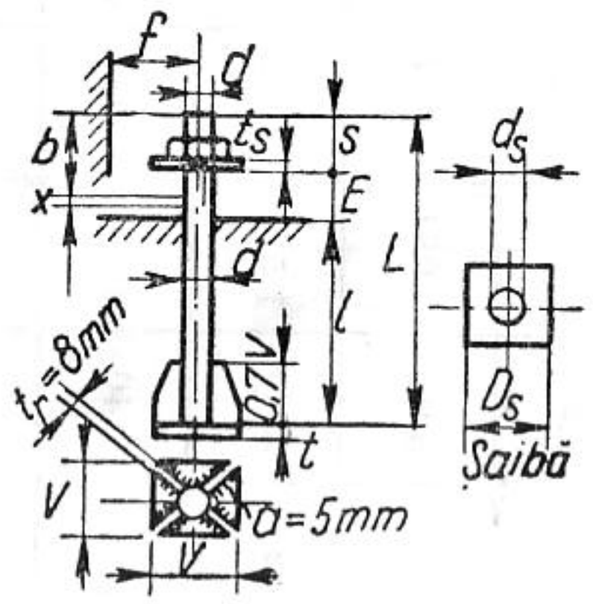
A Ancorare normală STAS 2350-64



B Ancorare normală



C Ancorare minimă



Precizări:

1. Marca betonului B 100 . . . B 150
2. Calitatea șuruburilor: conform STAS 2700/3-80 recomandabil din grupa 4.6 pentru construcții din OL 37, din grupa 5.6 (OL 44) , din grupa 6.6 (OL 52)
3. Dacă gaura de trecere se execută cu $\varnothing \approx d$ dimensiunile șaibelor se iau conform tabelului, iar dacă $\varnothing \approx d+(10...30$ mm), $t_s \approx 20...30$ mm. După montaj șaibele se sudează cu $a=3...4$ mm.
4. Blocarea piuliților se face prin contrapiulițe, sudare, betonarea bazei.
5. Filet metric normal STAS 6564-73 cu toleranțe și clasă de precizie grosolană.
6. Piulițe hexagonale semiprecise ($M \leqslant 48$) și norme M.I.C.M. ($M > 48$ mm).

Diametrul șurubului d, mm	Dimensiuni, mm																	Diametrul interior filet, d_3	Secțiunea de calcul, A_n, cm²	Efortul de calcul maxim admis în șurub, în N			d mm
	Lungimea, h	f	s	Gaura de trecere prin bază, Φ	Șaiba[3])			Ancorare normală					Ancorare minimă (C)							4.6	5.6	6.6	
					d_s	D_s	t_s	Schema	T	U	l	Lungime totală tijă, L	V	t_1	l_1	L_1				R_i=150 N/mm²	R_i=180 N/mm²	R_i=210 N/mm²	
M20	52	30	35	30	22	50	6	A	70	80	700	760+E	—	—	—	—		16,93	2,25	33 750	40 500	47 200	M20
M24	60	30	45	35	26	55	8	A	84	96	850	925+E	—	—	—	—		20,32	3,24	48 600	58 300	68 000	M24
M30	72	40	55	50	33	70	8	A	105	120	1 050	1 140+E	140	20	500	560+E		25,71	5,19	77 850	93 400	109 000	M30
M36	84	45	65	60	39	80	8	A	125	144	1 250	1 360+E	200	20	650	720+E		31,09	7,59	113 800	136 600	159 400	M36
M42	96	50	70	70	45	90	10	B	—	130	1 450	1 520+E	200	20	750	820+E		36,48	10,45	156 700	188 100	219 400	M42
M48	108	60	80	80	52	110	10	B	—	140	1 700	1 780+E	240	25	850	930+E		41,87	13,77	206 500	247 800	289 100	M48
M56	120	70	100	85	62	120	10	B	—	170	2 000	2 100+E	240	25	1 000	1 100+E		49,25	19,05	285 700	342 900	400 000	M56
M64	130	80	100	90	70	150	12	B	—	190	2 300	2 400+E	280	30	1 100	1 200+E		56,64	25,19	377 800	453 400	529 000	M64
M72	145	90	120	100	78	170	12	B	—	220	2 500	2 620+E	280	30	1 250	1 370+E		64,64	32,91	493 600	592 300	691 100	M72
M76	150	90	130	100	82	170	12	B	—	230	2 700	2 830+E	320	30	1 350	1 480+E		68,64	36,99	554 800	665 800	776 800	M76
M80	155	90	140	110	86	170	15	B	—	240	2 800	2 940+E	350	40	1 400	1 540+E		72,64	41,44	621 600	745 900	870 200	M80
M85	170	100	140	115	91	180	15	B	—	255	3 000	3 140+E	350	40	1 500	1 640+E		77,64	47,34	710 100	852 100	994 100	M85
M90	180	100	150	120	96	180	15	B	—	270	3 100	3 250+E	400	40	1 600	1 750+E		82,64	53,63	804 400	965 300	1 126 200	M90

ANEXA 3

ELEMENTE PENTRU CALCULUL CONSTRUCȚIILOR METALICE

Tabelul 3.1

Modul de elasticitate, coeficient de contracție transversală, de dilatare liniară și greutăți tehnice

Material	Modul de elasticitate				Coeficienții:		Masă (greutate tehnică), kg/m³
	E		*G*		de contracție transversală μ	de dilatare termică liniară α	
	kgf/mm²	N/mm²	kgf/mm²	N/mm²			
Oțel carbon și slab aliat și oțel turnat	21 000	210 000	8 100	81 000	0,3	$1,2\times10^{-5}$	7 850
Fontă cenușie Fc 200	10 000	100 000	—	—	—	$1,0\times10^{-5}$	7 200
Fontă cenușie Fc 150	8 500	85 000	—	—	—	$1,0\times10^{-5}$	7 200

Tabelul 3.2

Rezistențe normate pentru laminate din oțel

Marca oțelului	Limita de curgere R_c sau R_{02} minimă (valori rotunjite)				γ_m ($t\leqslant16$ mm)	Rezistența de calcul R pentru întindere, compresiune și încovoiere (valori rotunjite)			
	$t\leqslant16$ mm		$16<t\leqslant40$ mm			$t\leqslant16$ mm		$16<t\leqslant40$ mm	
	kgf/mm²	N/mm²	kgf/mm²	N/mm²		kgf/mm²	N/mm²	kgf/mm²	N/mm²
OL 34	21	210	20	200	1,10	19	190	18	180
OLT 35	23	230	22	220	1,10	21	210	20	200
OL 37	24	240	23	230	1,10	22	220	21	210
RCA 37*	24	240	23	230	1,10	22	220	21	210
OLT 45	26	260	25	250	1,10	24	240	23	230
OL 44	29	280	28	270	1,12	26	260	25	250
OCS 44	29	285	26	255	1,12	26	260	25	250
OL 52*	36	350	35	340	1,15	31,5	315	30	300
RCA 52 și RCB 52*	36	355	35	345	1,15	31,5	315	30	300
OCS 52	36	355	34	335	1,15	31,5	315	30	300
OCS 55	43	420	41	410	1,20	36	360	34	340
OCS 58	47	460	45	450	1,20	39	390	37	370

Observații: Rezistențele de calcul pentru grosimi $t>40$ mm se obțin împărțind limita de curgere a treptei de grosimi respective prin coeficientul γ_m din acest tabel.

* Laminatele din mărcile RCA 37 și RCA 52 se fabrică cu grosimi $t<12$ mm, iar din marca RCB 52, cu acordul beneficiarului, cu $t\leqslant20$ mm, conform STAS 500/3-80.

Tabelul 3.3

Rezistențe normate și rezistențe de calcul pentru șuruburi

Nr. crt.	Șuruburi grupa	Limita de curgere minimă R_c a oțelului		γ_m	Rezistența de calcul R	
		kgf/mm²	N/mm²		kgf/mm²	N/mm²
1	4.6	24	240	1,15	21	210
2	5.6	30	300	1,15	26	260
3	6.6	36	360	1,20	30	300

Tabelul 3.4

Caracteristici normate ale oțelurilor pentru șuruburi de înaltă rezistență pretensionate

Nr. crt.	Șuruburi, grupa	Rezistența de rupere R_r		Limita de curgere R_c		Alungirea la rupere minimă A_5 %	Duritate Brinell HRB	Valoarea minimă a rezilienței la + 20°C	
		kgf/mm²	N/mm²	kgf/mm²	N/mm²			kgf·m/cm²	daJ/cm²
1	8.8	80...100	800...1 000	64... 80	640... 800	12	245...305	8	8
2	10.9	100...120	1 000...1 200	90...108	900...1 080	9	305...365	7	7

Tabelul 3.5

Rezistențe de calcul pentru profile și table laminate

Solicitarea	Simbol	Coeficient γ (aplicat față de R)	Rezistențe de calcul R, N/mm², pentru oțel laminat marca:						
			OLT35	OL37 RCA37	OLT45	OL44 OCS44	OL52 OCS52 RCA52 RCB52	OCS55	OCS58
Întindere, compresiune, încovoiere	R	1,0	200	210	230	250	300	340	370
Forfecare	R_f	0,6	120	120	140	150	180	210	220
Presiune locală la un cilindru rezemat pe un plan (determinată cu formula lui Hertz)	R_l	4,0	800	840	920	1 000	1 200	1 360	1 500
Presiune locală determinată pe planul diametral al cilindrului	R_d	0,04	8	8,4	9,2	10	12	13,6	15
Rezistențe de calcul pentru profile și table laminate cu grosimea $t \leqslant 16$ mm									
Întindere, compresiune, încovoiere	R	1,0	210	220	240	260	315	360	390
Forfecare	R_f	0,6	125	130	145	155	190	215	235

Tabelul 3.6

Rezistențe de calcul pentru nituri

Solicitare	Simbol	Coeficient γ (aplicat față de R)	Rezistența de calcul, N/mm²				
			Forfecare și întindere în tijă pentru nituri din:		Presiune pe pereții găurii la construcții din:		
			OL34	OL44	OL37 RCA37	OL44 OCS44	OL52 OCS52 RCA52 RCB52
Forfecare	R_f^n	0,8	170	220	—	—	—
Presiune pe pereții găurii	R_p^n	2,0	—	—	420	500	600
Întindere în tijă	R_i^n	0,4	70	100	—	—	—

Tabelul 3.7

Rezistențe de calcul pentru șuruburi

Categoria șurubului	Solicitare	Simbol	Coeficient γ (aplicat față de R)	Rezistența de calcul, N/mm²					
				Forfecare și întindere în tijă în șuruburi din grupa:			Presiune pe pereții găurii în construcții din:		
				4.6	5.6	6.6	OL37 RCA37	OL44 OCS44	OL52 RCA52 RCB52 OCS52
Grosolane, semiprecise sau precise, introduse în găuri obișnuite	Forfecare	R_f^b	0,6	130	160	180	—	—	—
	Presiune pe pereți	R_p^b	1,6	—	—	—	340	400	480
	Întindere în tijă	R_i^b	0,8	170	210	240	—	—	—
Cu tijă precisă introduse în găuri cu cel mult 0,3 mm mai mari ca diametrul tijei	Forfecare	R_f^b	0,8	170	210	240	—	—	—
	Presiune pe pereți	R_p^b	2,0	—	—	—	420	500	600
	Întindere în tijă	R_i^b	0,8	170	210	240	—	—	—
Buloane de ancoraj	Întindere în tijă	R_i	0,7	150	180	210	—	—	—

Tabelul 3.8

Rezistențele de calcul pentru verificarea la presiune pe pereții găurii la îmbinări cu șuruburi de înaltă rezistență pretensionate

Solicitare	Simbol	Coeficient γ (aplicat față de R)	Rezistența de calcul, N/mm² pentru construcții din:				
			OL37	OL44	OL52	OCS55	OCS58
Presiunea pe pereți pentru cazul cînd se fac verificări speciale	R_p	3,0	630	750	900	1 000	1 100

Tabelul 3.9

Rezistențe de calcul pentru cordoane de sudură

Tipul îmbinării	Solicitarea	Simbol	Coeficient γ (aplicat față de R)	Rezistențe de calcul, N/mm² pentru suduri la elemente din oțel marca:						
				OLT35	OL37 RCA37	OLT45	OL44 OCS44	OL52 OCS52 RCA52 RCB52	OCS55	OCS58
Cap la cap	Compresiune	R_c^s	1,0	200	210	230	250	300	340	370
	Întindere *a*) Suduri executate automat; suduri executate semiautomat și manual, controlate prin mijloace fizice	R_i^s	1,0	—	210	230	250	300	340	370
	b) suduri executate semiautomat sau manual	R_i^s	0,8	160	170	180	200	240	280	300
	Forfecare	R_f^s	0,6	120	130	140	150	180	210	220
de colț	Forfecare	R_f^s	0,7	140	150	160	170	210	240	260
Rezistențe de calcul pentru profile și table laminate cu grosimea $t \leqslant 16$ mm.										
Cap la cap	Compresiune	R_c^s	1,0	210	220	240	260	315	360	390
	Întindere *a*) Suduri executate automat; suduri executate semiautomat și manual, controlate prin mijloace fizice	R_i^s	1,0	210	220	240	260	315	360	390
	b) ...	R_i^s	0,8	170	175	190	210	250	290	310
	Forfecare	R_f^s	0,6	125	130	145	155	190	215	235

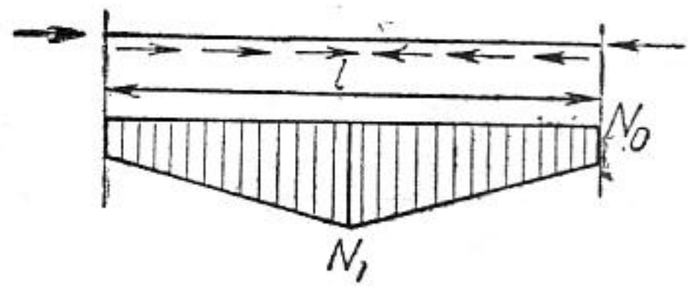
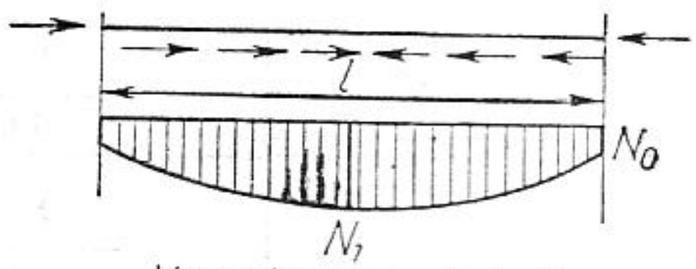
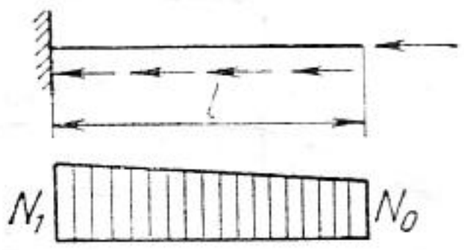
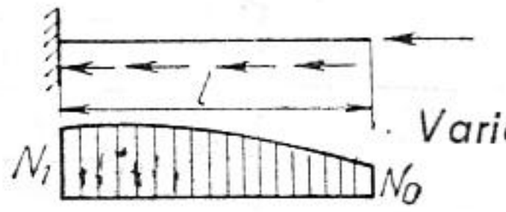
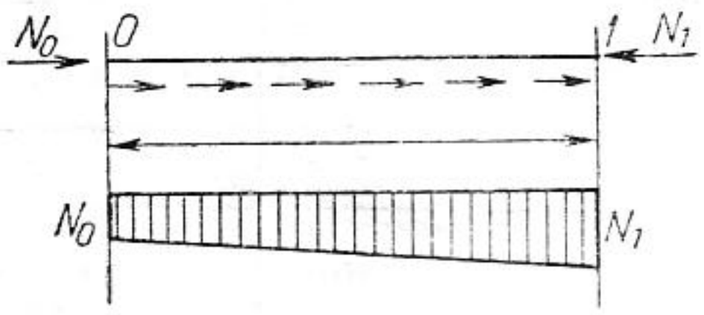
Observație: Pentru cordoanele de sudură cap la cap care nu au rădăcină resudată valorile rezistențelor de calcul din tabel se multiplică prin 0,7.

Tabelul 3.10

Săgeți limită admise

Nr. crt.	Denumirea elementelor de construcție	Valoarea săgeților în funcție de deschidere, l
1	Grinzile căilor de rulare cu inima plină sau cu zăbrele pentru: *a*) poduri rulante manuale	$\frac{l}{500}$
	b) poduri rulante electrice cu capacitatea de ridicare pînă la 50×10^3 kgf, inclusiv	$\frac{l}{600}$
	c) poduri rulante electrice cu capacitatea de ridicare peste 50×10^3 kgf	$\frac{l}{750}$
2	Căile de rulare ale grinzilor rulante	$\frac{l}{500}$
3	Căile de rulare pentru cărucioare rulante	$\frac{l}{400}$
4	Grinzile platformelor clădirilor industriale: *a*) cînd nu susțin linii ferate sau utilaje care produc vibrații: — grinzi principale	$\frac{l}{400}$
	— celelalte grinzi	$\frac{l}{250}$
	b) cînd susțin căi ferate înguste	$\frac{l}{400}$
	c) cînd susțin căi ferate cu ecartament normal	$\frac{l}{600}$
5	Grinzile planșeelor dintre etaje: *a*) grinzi principale	$\frac{l}{350}$
	b) celelalte grinzi	$\frac{l}{250}$
6	Grinzile acoperișului și planșeelor podurilor clădirilor: *a*) ferme, grinzi principale și grinzi care susțin cadre de luminator	$\frac{l}{250}$
	b) pane și căpriori	$\frac{l}{200}$
7	Elementele șarpantei pereților și luminatoarelor: *a*) bare verticale și rigle	$\frac{l}{200}$
	b) șprosurile ferestrelor (în plan vertical și orizontal)	$\frac{l}{180}$
	c) stîlpii pereților cînd materialul de închidere este elastic (tablă, azbociment, materiale plastice)	$\frac{l}{200}$
8	Panouri metalice de învelitoare: *a*) în zone fără aglomerare de zăpadă	$\frac{l}{150}$
	b) în zone cu aglomerări de zăpadă	$\frac{l}{100}$
9	Estacade de conducte: *a*) la grinzi principale	$\frac{l}{350}$
	b) la grinzi secundare	$\frac{l}{300}$

Lungimi de flambaj la bare cu efort axial variabil

	Articulat la ambele capete $l_f = l\sqrt{\dfrac{1+2{,}18\,\dfrac{N_0}{N_1}}{3{,}18}}$ Încastrat la ambele capete $l_f = l\sqrt{\dfrac{1+0{,}93\,\dfrac{N_0}{N_1}}{7{,}72}}$
 Variație parabolică	Articulat la ambele capete $l_f = l\sqrt{\dfrac{1+1{,}09\,\dfrac{N_0}{N_1}}{2{,}09}}$ Încastrat la ambele capete $l_f = l\sqrt{\dfrac{1+0{,}35\,\dfrac{N_0}{N_1}}{5{,}40}}$
 	Încastrat la un capăt și liber la celălalt $l_f = 2l\sqrt{\dfrac{1+2{,}18\,\dfrac{N_0}{N_1}}{3{,}18}}$ $l_f = 2l\sqrt{\dfrac{1+1{,}09\,\dfrac{N_0}{N_1}}{2{,}09}}$
	Articulat la ambele capete $l_f = l\sqrt{\dfrac{1+0{,}88\,\dfrac{N_0}{N_1}}{1{,}88}}$ Încastrat la ambele capete $l_f = l\sqrt{\dfrac{1+0{,}93\,\dfrac{N_0}{N_1}}{7{,}72}}$ Articulat în pct. 1 și încastrat în pct. 0 $l_f = l\sqrt{\dfrac{1+0{,}51\,\dfrac{N_0}{N_1}}{3{,}09}}$ Articulat în pct. 0 și încastrat în pct 1 $l_f = l\sqrt{\dfrac{1+1{,}65\,\dfrac{N_0}{N_1}}{5{,}42}}$

Tabelul 3.12

Lungimi de flambaj la grinzi cu zăbrele

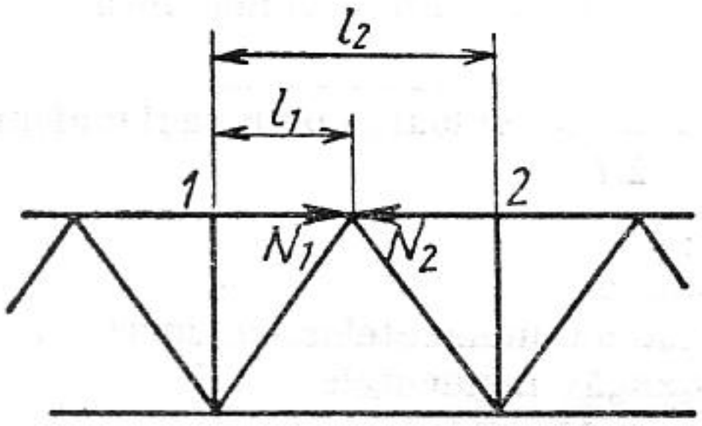
Grinzi cu zăbrele			
Direcția de flambaj	elementul		
	talpă	diagonale și montanți de reazem	celelalte zăbrele
	l_f		
În planul grinzii	l	l	$0{,}8\,l$
Transversal planului grinzii	l_1	l	l

în care:

l — lungimea elementului între nodurile teoretice
l_1 — distanța între nodurile fixate împotriva deplasărilor în planul transversal grinzii

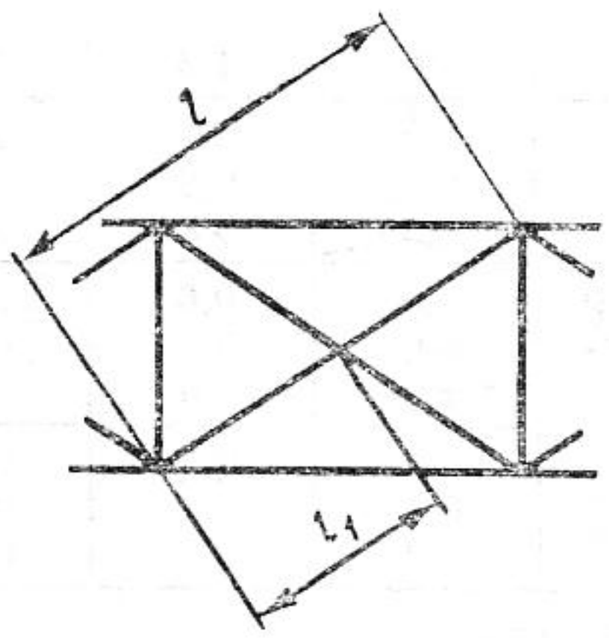
Tabelul 3.13

Lungimi de flambaj la grinzi cu zăbrele

Barele cu capetele *1* și *2* împiedicate să se deplaseze transversal planului grinzii și solicitate de N_1 și $N_2 < N_1$	
schema grinzii	lungimea de flambaj
	în planul grinzii $l_f = l_1$ transversal planului grinzii $l_f = l_2\left(0{,}75+0{,}25\,\frac{N_2}{N_1}\right)$ N_1 și N_2 se introduc cu semnele lor

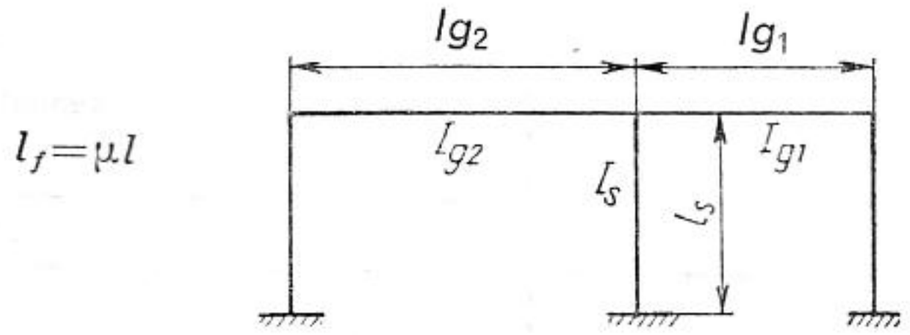
Tabelul 3.14

Lungimi de flambaj la grinzi cu zăbrele

Zăbrele încrucișate și prinse la intersecții			
schema grinzii	a) Lungimea de flambaj în plan transversal planului grinzii		
	caracteristica nodului de intersecție a diagonalelor	felul solicitărilor în barele care se opun flambajului	
		întindere	efort nul	compresiune
	ambele diagonale neîntrerupte	$0{,}5\,l$	$0{,}7\,l$	l
	bara care se opune flambajului este întreruptă și barele sînt legate între ele cu guseu	$0{,}7\,l$	l	$1{,}4\,l$
	b) Lungimea de flambaj în planul grinzii $l_f = l_1$			

Tabelul 3.15

Lungimi de flambaj la stîlpi cu secţiune constantă şi efort axial constant



Coeficienţii μ pentru stîlpii cadrelor cu un nivel cu secţiune constantă şi cu încastrare elastică în partea superioară

Prindere în fundaţie \ $k=\frac{r_g}{r_s}\left(\frac{I_{g1}}{l_{g1}}+\frac{I_{g2}}{l_{g2}}\right)\cdot\frac{l_s}{I_s}$	0	0,2	0,3	0,5	1,0	2,0	3,0	10,0
Încastrată	2,0	1,50	1,40	1,28	1,16	1,08	1,06	1,0
Articulată	—	3,42	3,0	2,63	2,33	2,17	2,11	2,00

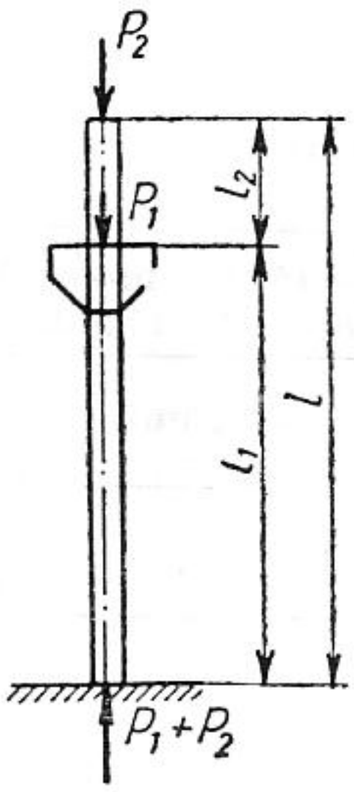
OBSERVAŢII: 1. Cînd stîlpul este legat articulat de riglă, $k=0$.

2. Cînd stîlpii sînt inegal încărcaţi şi cînd acoperişul asigură o conlucrare spaţială (şaibă, contravîntuiri rigide) valoarea μ pentru stîlpul cel mai încărcat se obţine din tabel şi se multiplică cu: $\sqrt{\frac{\Sigma N}{N_s}\cdot\frac{I_s}{\Sigma I}}$ iar valoarea μ nu va fi mai mică de 0,7.

N_s — efortul de calcul în stîlpul considerat;
I_s — momentul de inerţie al stîlpului considerat;
ΣN, ΣI — suma eforturilor din stîlpi, respectiv suma momentelor de inerţie ale stîlpilor cadrului considerat, la care se adaugă momentele de inerţie ale stîlpilor din cîte două cadre de o parte şi de alta a cadrului considerat.

Tabelul 3.16

Lungimi de flambaj la stîlpi cu secţiune constantă avînd şi o forţă aplicată pe înălţimea lor

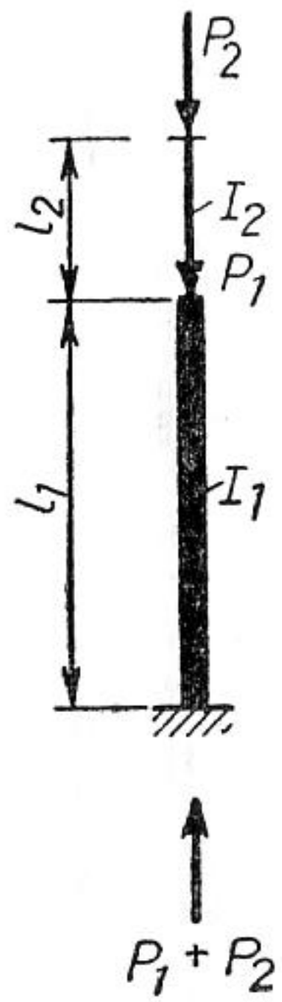


Coeficientul μ pentru stîlpi				
condiţii de rezemare		$\frac{l_2}{l_1}$	$\frac{P_1}{P_2}\geqslant 3$	$\frac{P_1}{P_2}=1$
capătul inferior	capătul superior			
Capătul inferior al stîlpilor este încastrat	cu rotiri şi deplasări libere	0,3 0,6 1,0	1,8 1,5 1,3	2,0 1,7 1,6
	cu rotiri împiedicate şi deplasări libere	0,3 0,6 1,0	1,0 0,9 0,8	1,2 1,0 0,9
	cu rotiri libere şi deplasări împiedicate	0,3 0,6 1,0	0,6 0,5 0,5	0,6 0,6 0,6
	cu rotiri şi deplasări împiedicate	0,3 0,6 1,0	0,5 0,4 0,4	0,5 0,4 0,4

Pentru verificarea la stabilitate, $N=P_1+P_2$

Tabelul 3.17

Lungimi de flambaj, în planul cadrului, pentru stîlpi cu secțiunea variabilă, cu rotiri și deplasări libere la capătul superior

Schema de calcul	c_1	Coeficienții μ_1 pentru $I_2 l_1 / I_1 l_2$																		
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	5,0	10,0	20,0
	0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
	0,2	2,0	2,01	2,02	2,03	2,04	2,05	2,06	2,06	2,07	2,08	2,09	2,10	2,12	2,14	2,15	2,17	2,21	2,40	2,76	3,38
	0,4	2,0	2,04	2,08	2,11	2,13	2,18	2,21	2,25	2,28	2,32	2,35	2,42	2,48	2,54	2,60	2.66	2,80	—	—	—
	0,6	2,0	2,11	2,20	2,23	2,36	2,44	2,52	2,59	2,66	2,73	2,80	2,93	3,05	3,17	3,28	3,39	—	—	—	—
	0,8	2,0	2,25	2,42	2,58	2,70	2,83	2,96	3,07	3,17	3,27	3,36	3,55	3,74	—	—	—	—	—	—	—
	1,0	2,0	2,50	2,73	2,94	3,13	3,29	3,41	3,59	3,74	3,87	4,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1,5	3,0	3,43	3,77	4,07	4,35	4,61	4,86	5,08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2,0	4,0	4,44	4,90	5,29	5,67	6,03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2,5	5,0	5,55	6,08	6,56	7,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3,0	6,0	6,65	7,25	7,82	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

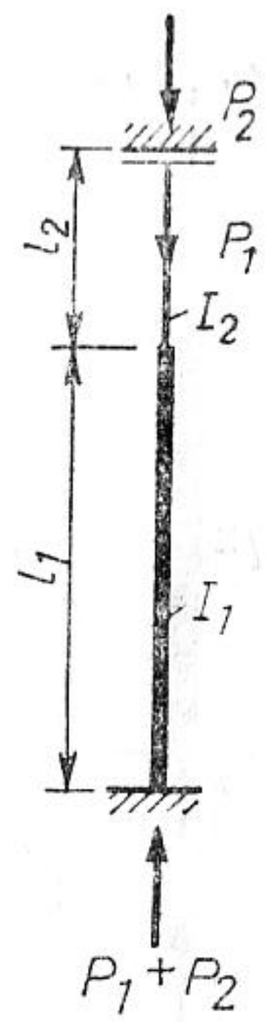
$l_{1f} = \mu_1 \cdot l_1$; $\quad l_{2f} = \mu_2 \cdot l_2$; $\quad c = \dfrac{P_1 + P_2}{P_2}$; $\quad c_1 = \dfrac{l_2}{l_1}\sqrt{\dfrac{I_1}{I_2 \cdot c}}$;

μ_1 rezultă din tabel; $\quad \mu_2 = \dfrac{\mu_1}{c_1} \leqslant 3$

În cazul cînd sînt îndeplinite condițiile $l_2/l_1 \leqslant 0{,}6$ și $P_1/P_2 \geqslant 3$, coeficienții μ_1 și μ_2 se admite să se ia din tabelul 3.21.

Tabelul 3.18

Lungimi de flambaj, în planul cadrului, pentru stîlpi cu secțiunea variabilă, cu rotiri împiedicate și deplasări libere la capătul superior

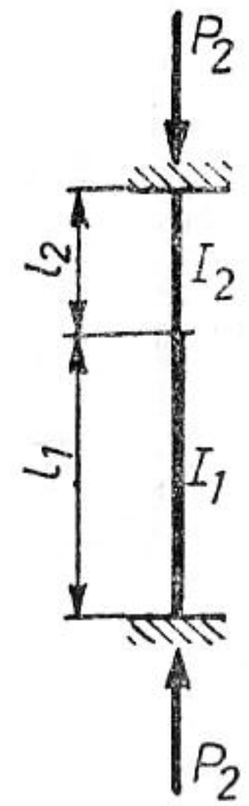
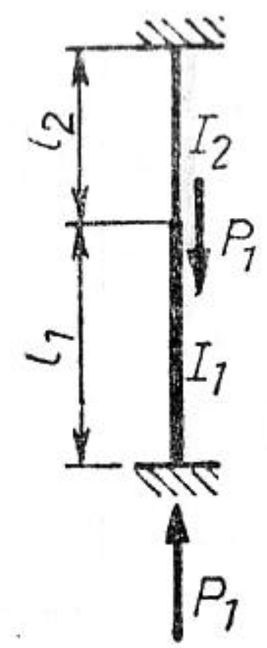
Schema de calcul	c_1	Coeficienții μ_1 pentru $I_2 l_1 / I_1 l_2$																		
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	5,0	10,0	20,0
	0	2,0	1,92	1,86	1,80	1,76	1,70	1,67	1,64	1,60	1,57	1,55	1,50	1,46	1,43	1,40	1,37	1,32	1,18	1,10	1,05
	0,2	2,0	1,93	1,87	1,82	1,76	1,71	1,68	1,64	1,62	1,59	1,56	1,52	1,48	1,45	1,41	1,39	1,33	1,20	1,11	—
	0,4	2,0	1,94	1,88	1,83	1,77	1,76	1,72	1,69	1,66	1,62	1,61	1,57	1,53	1,50	1,48	1,45	1,40	—	—	—
	0,6	2,0	1,95	1,91	1,86	1,83	1,79	1,77	1,76	1,72	1,71	1,69	1,66	1,63	1,61	1,59	—	—	—	—	—
	0,8	2,0	1,97	1,94	1,92	1,90	1,88	1,87	1,86	1,85	1,83	1,82	1,80	1,79	—	—	—	—	—	—	—
	1,0	2,0	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	20,0	2,00	2,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1,5	2,0	2,12	2,25	2,33	2,38	2,43	2,48	2,52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2,0	2,0	2,45	2,66	2,81	2,91	3,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2,5	2,5	2,94	3,17	3,34	3,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3,0	3,0	3,43	3,70	3,93	4,12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

$$l_{1f} = \mu_1 \cdot l_1; \quad l_{2f} = \mu_2 \cdot l_2; \quad c = \frac{P_1 + P_2}{P_2}; \quad c_1 = \frac{l_2}{l_1} \sqrt{\frac{I_1}{I_2 \cdot c}};$$

μ_1 rezultă din tabel; $\quad \mu_2 = \dfrac{\mu_1}{c_1}$

În cazul cînd sînt îndeplinite condițiile $l_2/l_1 \leqslant 0{,}6$ și $P_1/P_2 \geqslant 3$, coeficienții μ_1 și μ_2 se admite să se ia din tabelul 3.21.

Lungimi de flambaj, în planul cadrului, pentru stîlpi cu secțiunea variabilă, cu rotiri și deplasări împiedicate la capătul superior

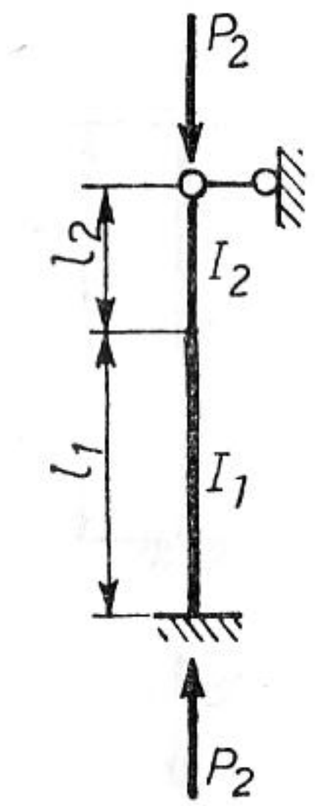
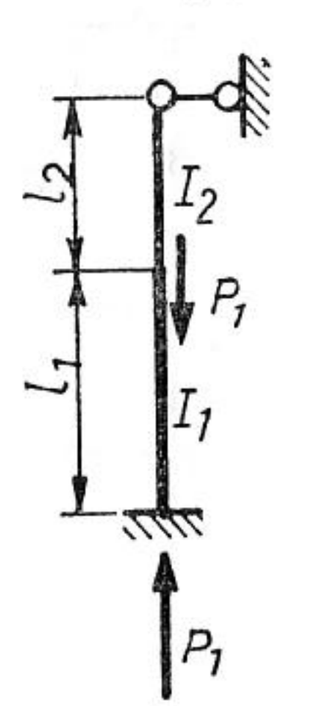
Schema de calcul	I_2/I_1	Coeficienți μ_{12} și μ_{11} pentru l_2/l_1														
		0,1	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0.5**	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**0,9**	**1,0**	**1,2**	**1,4**	**1,6**	**1,8**	**2,0**
		Coeficienți μ_{12}														
	0,04	0,78	1,02	1,53	1,73	2,01	2,21	2,38	2,54	2,65	2,85	3,24	3,70	4,20	4,76	5,23
	0,06	0,70	0,86	1,23	1,47	1,73	1,93	2,08	2,23	2,38	2,49	2,81	3,17	3,50	3,92	4,30
	0,08	0,68	0,79	1,05	1,31	1,54	1,74	1,91	2,05	2,20	2,31	2,55	2,80	3,11	3,45	3,73
	0,1	0,67	0,76	1,00	1,20	1,42	1,61	1,78	1,92	2,04	2,20	2,40	2,60	2,86	3,18	3,41
	0,2	0,64	0,70	0,79	0,93	1,07	1,23	1,41	1,50	1,60	1,72	1,92	2,11	2,28	2,45	2,64
	0,3	0,62	0,68	0,74	0,85	0,95	1,06	1,18	1,28	1,39	1,48	1,67	1,82	1,96	2,12	2,20
	0,4	0,60	0,66	0,71	0,78	0,87	0,99	1,07	1,16	1,26	1,34	1,50	1,65	1,79	1,94	2,08
	0,5	0,59	0,65	0,70	0,77	0,82	0,93	0,99	1,08	1,17	1,23	1,39	1,53	1,66	1,79	1,92
	1,0	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
		Coeficienți μ_{11}														
	0,04	0,66	0,68	0,75	0,94	1,08	1,24	1,37	1,47	1,55	1,64	1,72	1,78	1,81	1,85	1,89
	0,06	0,65	0,67	0,68	0,76	0,94	1,10	1,25	1,35	1,44	1,50	1,61	1,69	1,74	1,79	1,82
	0,08	0,64	0,66	0,67	0,68	0,84	1,00	1,12	1,25	1,34	1,41	1,53	1,62	1,68	1,75	1,79
	0,1	0,64	0,65	0,65	0,65	0,78	0,92	1,05	1,15	1,25	1,33	1,45	1,55	1,62	1,68	1,71
	0,2	0,62	0,64	0,65	0,65	0,66	0,73	0,83	0,92	1,01	1,09	1,23	1,33	1,41	1,48	1,54
	0,3	0,60	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,73	0,81	0,89	0,94	1,09	1,20	1,28	1,35	1,41
	0,4	0,58	0,63	0,63	0,64	0,64	0,66	0,68	0,75	0,82	0,88	1,01	1,10	1,19	1,26	1,32
	0,5	0,57	0,61	0,63	0,64	0,64	0,65	0,68	0,72	0,77	0,83	0,94	1,04	1,12	1,19	1,25
	1,0	0,55	0,58	0,60	0,61	0,62	0,63	0,65	0,67	0,70	0,73	0,80	0,88	0,93	1,01	1,05

$l_{1f}=\mu_1 \cdot l_1$; $l_{2f}=\mu_2 l_2$; $c=\dfrac{P_1+P_2}{P_2}$; $\mu_1=\sqrt{\dfrac{(c-1)\,\mu_{11}^2+\mu_{12}^2}{c}}$; μ_{11} și μ_{12} rezultă din tabel; $\mu_2=\dfrac{\mu_1}{c}\leqslant 3$.

În cazul cînd sînt îndeplinite condițiile $l_2/l_1\leqslant 0{,}6$ și $P_1/P_2\geqslant 3$, coeficienții μ_1 și μ_2 se admite să se ia din tabelul 3.21.

Tabelul 3.20

Lungimi de flambaj, în planul cadrului, pentru stîlpi cu secțiunea variabilă, cu rotiri libere și deplasări împiedicate la capătul superior

Schema de calcul	I_2/I_1	Coeficienții μ_{12} și μ_{11} pentru l_2/l_1														
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
		Coeficient μ_{12}														
	0,04	1,02	1,84	2,25	2,59	2,85	3,08	3,24	3,42	3,70	4,00	4,55	5,25	5,80	6,55	7,20
	0,06	0,91	1,47	1,93	2,26	2,57	2,74	2,90	3,05	3,24	3,45	3,88	4,43	4,90	5,43	5,94
	0,08	0,86	1,31	1,73	2,05	2,31	2,49	2,68	2,85	3,00	3,14	3,53	3,93	4,37	4,85	5,28
	0,1	0,83	1,21	1,57	1,95	2,14	2,33	2,46	2,60	2,76	2,91	3,28	3,61	4,03	4,43	4,85
	0,2	0,79	0,98	1,23	1,46	1,67	1,85	2,02	2,15	2,28	2,40	2,67	2,88	3,11	3,42	3,71
	0,3	0,78	0,90	1,09	1,27	1,44	1,60	1,74	1,86	1,98	2,11	2,35	2,51	2,76	2,99	3,25
	0,4	0,78	0,88	1,02	1,17	1,32	1,45	1,58	1,69	1,81	1,92	2,14	2,31	2,51	2,68	2,88
	0,5	1,78	1,86	0,99	1,10	1,22	1,35	1,47	1,57	1,67	1,76	1,96	2,15	2,34	2,50	2,76
	1,0	0,78	0,85	0,92	0,99	1,06	1,13	1,20	1,27	1,34	1,41	1,54	1,68	1,82	1,97	2,10
		Coeficient μ_{11}														
	0,04	0,67	0,67	1,83	1,25	1,43	1,55	1,65	1,70	1,75	1,78	1,84	1,87	1,88	1,90	1,92
	0,06	0,67	0,67	0,81	1,07	1,27	1,41	1,51	1,60	1,64	1,70	1,78	1,82	1,84	1,87	1,88
	0,08	0,67	0,67	0,75	0,98	1,19	1,32	1,43	1,51	1,58	1,63	1,72	1,77	1,81	1,82	1,84
	0,1	0,67	0,67	0,73	0,93	1,11	1,25	1,36	1,45	1,52	1,57	1,66	1,72	1,77	1,80	1,82
	0,2	0,67	0,67	0,69	0,75	0,89	1,02	1,12	1,21	1,29	1,36	1,46	1,54	1,60	1,65	1,69
	0,3	0,67	0,67	0,67	0,71	0,80	0,90	0,99	1,08	1,15	1,22	1,33	1,41	1,48	1,54	1,59
	0,4	0,67	0,67	0,67	0,69	0,75	0,84	0,92	1,00	1,07	1,13	1,24	1.33	1,40	1,47	1,51
	0,5	0,67	0,67	0,67	0,69	0,73	0,81	0,87	0,94	1,01	1,07	1,17	1,26	1,33	1,39	1,44
	1,0	0,67	0,67	0,67	0,68	0,71	0,74	0,78	0,82	0,87	0,91	0,99	1,07	1,13	1,19	1,24

$l_{1f} = \mu_1 \cdot l_1$; $l_{2f} = \mu_2 \cdot l_2$; $c = \dfrac{P_1 + P_2}{P_2}$; $\mu_1 = \sqrt{\dfrac{(c-1)\cdot \mu_{11}^2 + \mu_{12}^2}{c}}$; μ_{11} și μ_{12} rezultă din tabel; $\mu_2 = \dfrac{\mu_1}{c} \leqslant 3$.

În cazul cînd sînt îndeplinite condițiile $l_2/l_1 \leqslant 0{,}6$ și $P_1/P_2 \geqslant 3$ coeficienții μ_1 și μ_2 se admite să se ia din tabelul 3.21.

Tabelul 3.21

Lungimi de flambaj, în planul cadrului, pentru stîlpi cu secțiunea variabilă, în cazul cînd sînt îndeplinite condițiile $l_2/l_1 \leqslant 0{,}6$ și $P_1/P_2 \geqslant 3$

Condițiile de fixare ale capetelor		Coeficientul μ pentru:		
Capătul inferior	Capătul superior	partea inferioară a stîlpului μ_1 cînd:		partea superioară μ_2
		$0{,}3 \geqslant \frac{I_2}{I_1} \geqslant 0{,}1$	$0{,}1 > \frac{I_2}{I_1} \geqslant 0{,}05$	
încastrat	cu rotiri și deplasări libere	2,5	3,0	3,0
	rotiri împiedicate și deplasări libere	2,0	2,0	3,0
	rotiri libere și deplasări împiedicate	1,6	2,0	2,5
	rotiri și deplasări împiedicate	1,2	1,5	2,0

Tabelul 3.22

Coeficienți de zvelțețe limită ai barelor comprimate

Nr. crt.	Elemente de construcții comprimate	Valoarea maximă admisibilă λ
1	La grinzi cu zăbrele: — tălpi, diagonale de reazem și montanți de reazem care transmit reacțiuni pe reazeme	120
	celelalte elemente	150
2	Stîlpi principali	120
	Stîlpi secundari (stîlpii pereților metalici, ai luminatoarelor etc.), zăbrelușele stîlpilor și contravîntuirile între stîlpi (sub grinzile căilor de rulare)	150
3	Contravîntuiri (exclusiv cele arătate la nr. crt. 2)	250
4	Bare care servesc la micșorarea lungimii de flambaj a barelor comprimate și alte elemente care nu fac parte din elementele solicitate direct	250
5	Talpa superioară a fermei acoperișului care rămîne nelegată în timpul montajului (coeficientul de zvelțețe limită, după efectuarea montajului trebuie să fie cel indicat la nr. crt. 1)	250
6	Diagonalele construcțiilor spațiale dintr-o singură cornieră: — diagonală solicitată sub 50% din capacitatea portantă	180
	— diagonală solicitată sub 100% din capacitatea portantă	150
	Observație: Între 50% și 100% se interpolează liniar	

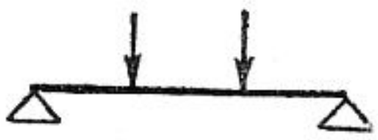
Tabelul 3.23

Coeficienți de zvelțețe limită ai barelor întinse

Nr. crt.	Elemente de construcții întinse	Valoare admisibilă la construcții : λ_{max}		
		solicitate direct de încărcări dinamice	solicitate de încărcări statice	solicitate de încărcări date de poduri ruiante cu regim de funcționare IV și V, convoaie de căi ferate etc.
1	Talpa și diagonalele de reazem ale grinzilor cu zăbrele	250	400	250
2	Celelalte elemente ale grinzilor cu zăbrele	350	400	300
3	Talpa inferioară a grinzilor căilor de rulare cu secțiune plină sau zăbrele	150	—	150
4	Elementele contravîntuirilor verticale între stîlpi sau sub căile de rulare	300	300	200
5	Alte elemente de contravîntuiri	400	400	300

Tabelul 3.24

Coeficienți ξ pentru calculul zvelțeței transformate a grinzilor încovoiate cu secțiune I

Schema de încărcare	ξ	Schema de încărcare	$\frac{M_2}{M_1}$	ξ	$\frac{M_2}{M_1}$	ξ	$\frac{M_2}{M_1}$	ξ
	1,12		1,0	1,000	0,5	1,300	0,0	1,750
			0,9	1,048	0,4	1,378	−0,1	1,858
	1,35	$\lvert M_1\rvert \geqslant \lvert M_2\rvert$	0,8	1,102	0,3	1,462	−0,2	1,972
			0,7	1,162	0,2	1,552	−0,3	2,092
	1,11		0,6	1,228	0,1	1,648	−0,4	2,218
							$\leqslant -0,5$	2,300

Observație: Încărcările sînt considerate aplicate în axa neutră

$$\xi = 1{,}75 - 1{,}05\,\frac{M_2}{M_1} + 0{,}30\left(\frac{M_2}{M_1}\right)^2 \leqslant 2{,}3$$

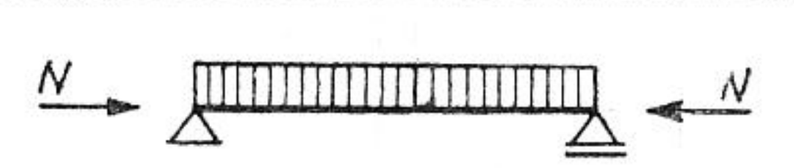
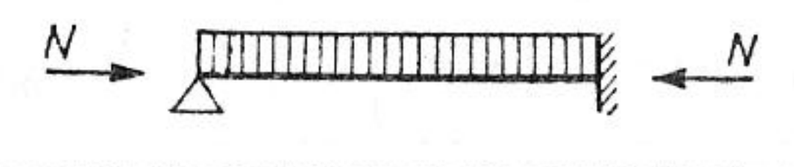
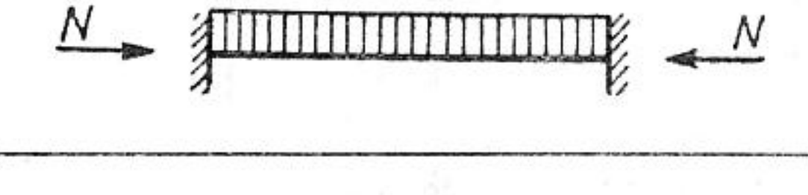
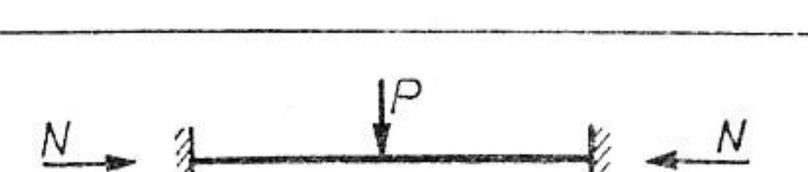
Tabelul 3.25

Coeficienți γ pentru calculul zveltețeî transformate a grinzilor încovoiate cu secțiunea I dublu simetrică

Încărcarea acționează la:	μ	$\left(\frac{l}{h}\right)^2 \cdot \frac{I_r}{I_y}$ egal cu:																
		0,05	0,1	0,5	1,0	2,0	5,0	10	15	20	30	50	75	100	150	200	250	300
		γ egal cu:																
Talpa superioară	1	1,018	1,015	0,993	0,969	0,926	0,834	0,739	0,679	0,635	0,576	0,506	0,455	0,422	0,379	0,351	0,331	0,316
	0,7	0,904	0,903	0,894	0,884	0,886	0,819	0,762	0,719	0,686	0,636	0,571	0,521	0,487	0,441	0,411	0,388	0,371
	0,5	0,852	0,851	0,848	0,843	0,834	0,811	0,777	0,750	0,726	0,688	0,633	0,587	0,553	0,507	0,474	0,450	0,431
Axa neutră	1	0,798	0,797	0,785	0,771	0,747	0,693	0,632	0,592	0,561	0,518	0,464	0,424	0,396	0,360	0,336	0,318	0,304
	0,7	0,799	0,798	0,793	0,785	0,772	0,738	0,694	0,661	0,634	0,594	0,540	0,497	0,467	0,426	0,398	0,378	0,362
	0,5	0,800	0,799	0,796	0,792	0,785	0,765	0,737	0,713	0,693	0,659	0,610	0,568	0,538	0,494	0,464	0,442	0,424
Talpa inferioară	1	0,626	0,626	0,620	0,614	0,603	0,575	0,541	0,516	0,496	0,466	0,427	0,395	0,372	0,342	0,321	0,306	0,293
	0,7	0,707	0,706	0,702	0,698	0,688	0,664	0,632	0,607	0,587	0,555	0,510	0,473	0,447	0,411	0,386	0,367	0,353
	0,5	0,751	0,750	0,748	0,745	0,739	0,722	0,698	0,678	0,660	0,631	0,588	0,550	0,522	0,483	0,455	0,433	0,416

Tabelul 3.26

Coeficienți c_x, c_y pentru verificarea stabilității barelor solicitate la compresiune cu încovoiere

<table>
<tr><th>Schema de încărcare</th><th colspan="7">Coeficienții c_x, c_y pentru M_2/M_1</th></tr>
<tr><td rowspan="6">
$|M_1| \geq M_2|$</td><td>M_2/M_1</td><td>1,00</td><td>0,90</td><td>0,80</td><td>0,70</td><td>0,60</td><td>0,50</td></tr>
<tr><td>c_x, c_y</td><td>1,000</td><td>0,950</td><td>0,901</td><td>0,853</td><td>0,805</td><td>0,758</td></tr>
<tr><td>M_2/M_1</td><td>0,40</td><td>0,30</td><td>0,20</td><td>0,10</td><td>0,00</td><td>−0,10</td></tr>
<tr><td>c_x, c_y</td><td>0,713</td><td>0,669</td><td>0,626</td><td>0,586</td><td>0,548</td><td>0,513</td></tr>
<tr><td>M_2/M_1</td><td>−0,20</td><td>−0,30</td><td>−0,40</td><td>−0,50</td><td>−0,60</td><td>0,70</td></tr>
<tr><td>c_x, c_y</td><td>0,428</td><td>0,455</td><td>0,434</td><td>0,418</td><td>0,410</td><td>0,409</td></tr>
<tr><td>M_2/M_1</td><td>−0,80</td><td>−0,90</td><td>−1,00</td><td colspan="3" rowspan="2">$c_x, c_y = \sqrt{0{,}3\left(1+\frac{M_2^2}{M_1^2}\right)+0{,}4\frac{M_2}{M_1}}$</td></tr>
<tr><td>c_x, c_y</td><td>0,415</td><td>0,428</td><td>0,447</td></tr>
<tr><td>  </td><td>c_x, c_y</td><td colspan="6">1,0</td></tr>
<tr><td>  </td><td>c_x, c_y</td><td colspan="6">$1-0{,}3\frac{\sigma}{\sigma_E}$</td></tr>
<tr><td>  </td><td>c_x, c_y</td><td colspan="6">$1-0{,}4\frac{\sigma}{\sigma_E}$</td></tr>
<tr><td> </td><td>c_x, c_y</td><td colspan="6">$1-0{,}2\frac{\sigma}{\sigma_E}$</td></tr>
<tr><td>  </td><td>c_x, c_y</td><td colspan="6">$1-0{,}4\frac{\sigma}{\sigma_E}$</td></tr>
<tr><td></td><td>c_x, c_y</td><td colspan="6">$1-0{,}6\frac{\sigma}{\sigma_E}$</td></tr>
</table>

Tabelul 3.27

Coeficienți k_0 pentru verificarea stabilității inimilor grinzilor încovoiate

γ	$\leqslant 0{,}8$	1,0	2,0	4,0	6,0	10	30
k_0	6 300	6 620	7000	7 270	7320	7 370	7 460

Observație: Pentru grinzi nituite $k_0 = 7\,000$

Tabelul 3.28

Valori limită ale raportului σ_l/σ pentru verificarea stabilității inimilor grinzilor încovoiate

Grinzi cu secțiune simetrică									
Tipul grinzii	γ	valorile limită ale raportului $\frac{\sigma_l}{\sigma}$ pentru $\frac{a}{h_0}$ egal cu:							
		0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	$\geqslant 2$
Sudate	$\leqslant 1$	0	0,146	0,183	0,267	0,359	0,445	0,540	0,618
	2	0	0,109	0,169	0,277	0,406	0,543	0,652	0,799
	4	0	0,072	0,129	0,281	0,479	0,711	0,930	1,132
	5	0	0,066	0,127	0,288	0,536	0,874	1,192	1,468
	10	0	0,059	0,122	0,296	0,574	1,002	1,539	2,154
	$\geqslant 30$	0	0,047	0,112	0,300	0,633	1,283	2,249	3,939
Nituite	—	0	0,121	0,184	0,378	0,643	1,131	1,614	2,347

Tabelul 3.29

Coeficienți k_2 pentru verificarea stabilității inimilor grinzilor încovoiate

Valoarea coeficientului k_2								
$\frac{a}{h_0}$	$\leqslant 0{,}8$	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	$\geqslant 2{,}0$
k_2	6 300	7 780	8 230	9 500	11 100	13 020	15 250	17 790

Tabelul 3.30

Coeficienți k_1 pentru verificarea stabilității inimilor grinzilor încovoiate

γ	Valoarea coeficientului k_1 pentru grinzi sudate pentru $\frac{a}{h_0}$ egal cu :								
	$\leqslant 0{,}5$	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	$\geqslant 2{,}0$
$\leqslant 1$	2 420	2 610	3 100	3 780	4 650	5 690	6 860	8 170	9 570
2	2 520	2 740	3 380	4 280	5 390	6 750	8 230	9 770	11 700
4	2 590	2 800	3 480	4 530	5 910	7 620	9 500	11 530	13 670
6	2 600	2 840	3 520	4 640	6 110	8 040	10 230	12 480	14 800
10	2 610	2 860	3 550	4 720	6 300	8 340	10 710	13 300	16 080
$\geqslant 30$	2 620	2 870	3 580	4 810	6 500	8 750	11 300	14 330	17 570

Observație: Pentru grinzi nituite, k_1 se ia pentru $\gamma = 10$

Tabelul 3.31

Coeficienți k_1, k_2 pentru verificarea stabilității pereților elementelor comprimate centric

Marca oțelului	Tălpile grinzilor	λ									
		25		50		75		100		125	
	k_1	k_1	k_2	k_1	k_2	k_1	k_2	k_1	k_2	k_1	k_2
OL 37	15	14	15	15	17	16,5	19	18	21	20	23
OL 44	14	13	14	14	16	15,5	18	17	20	19	22
OL 52	13	12	13	13	15	14,5	17	16,5	19	18,5	21
OCS 55	12	11	12	12	13,5	13	15	14,5	17	16	18,5
OCS 58	11	10,5	11	11	13	12,5	14,5	14	16	15	17

Tabelul 3.32

Coeficienți k_3 pentru verificarea stabilității inimilor la secțiuni solicitate la compresiune și încovoiere

ψ	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
k_3	22,2	26,7	32,6	42,0	52,5	63,0

Tabelul 3.33

Aria secțiunii de rezistență în zona filetului la șuruburi

Tipul filetului	M 16	M 20	M 22	M 24	M 27	M 30
A_s, mm^2	157	245	303	350	459	561

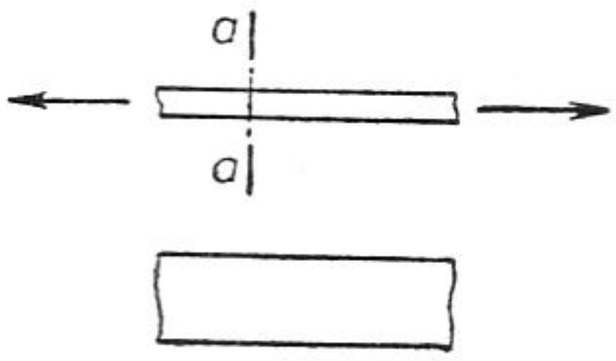
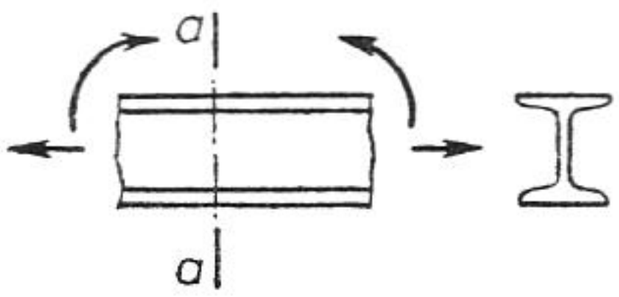
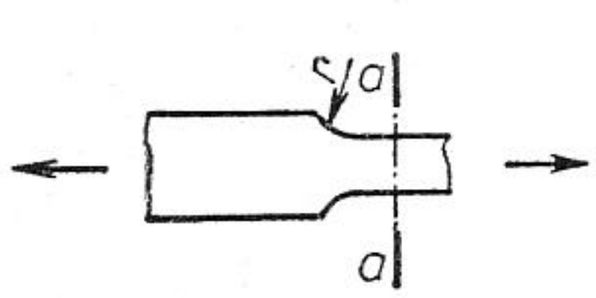
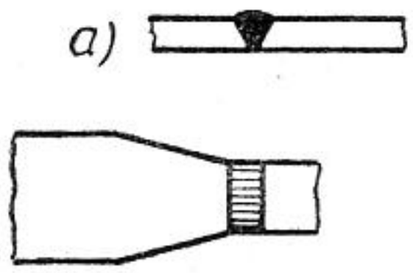
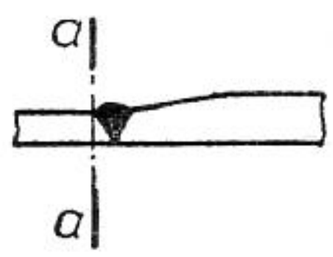
Ta belul 3.34

Coeficienți a, b, c pentru verificarea la oboseală

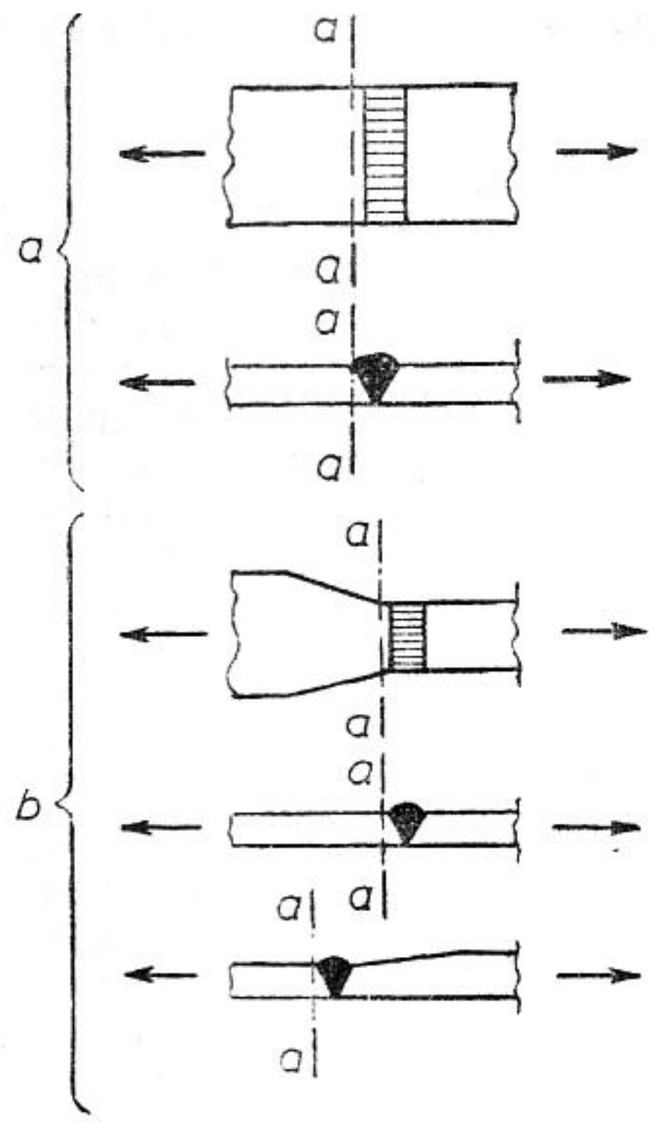
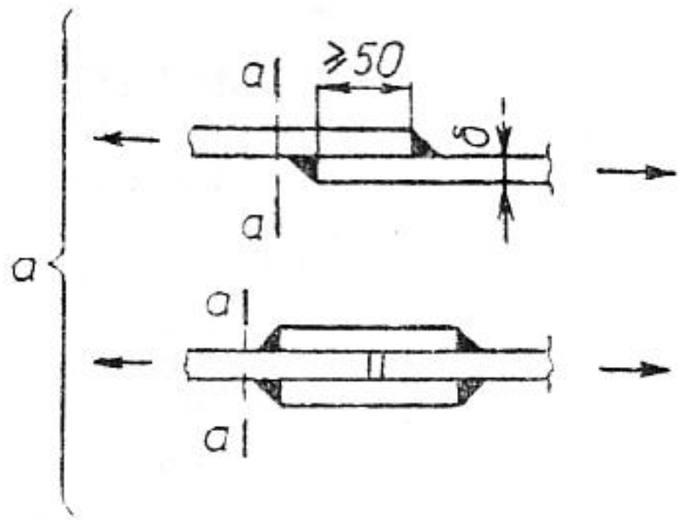
Marca oțelului	Grupa elementelor și îmbinărilor (tab. 3.35)	Coeficienți						
		a	*b*	*c* pentru numărul de cicluri, în milioane:				
				0,5	1,0	2,0	3,0	≥ 5,0
OL 37 RCA 37	1 2	1,20 1,30	0,60 0,70	1,2	1,1	1,0	0,95	0,9
	3 4 5	1,55 1,85 2,10	0,95 1,25 1,50	1,3				
	6 7 8	2,75 3,50 4,80	2,15 2,90 4,20	1,4	1,2			0,85
OL 44 OL 52 OCS 44 RCA 52 RCB 52	1 2	1,25 1,45	0,65 0,85	1,2	1,1	1,0	0,95	0,9
	3 4 5	1,80 2,40 2,75	1,20 1,80 2,15	1,4	1,2			
	6 7 8	3,80 4,80 6,00	3,20 4,20 5,40	1,6	1,3			0,85

Tabelul 3.35

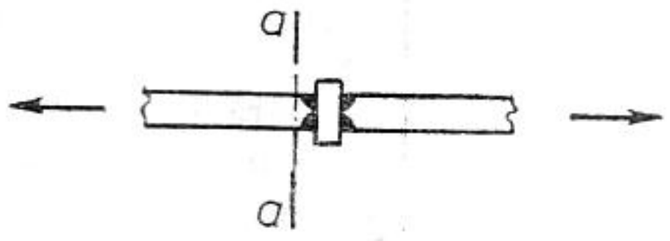
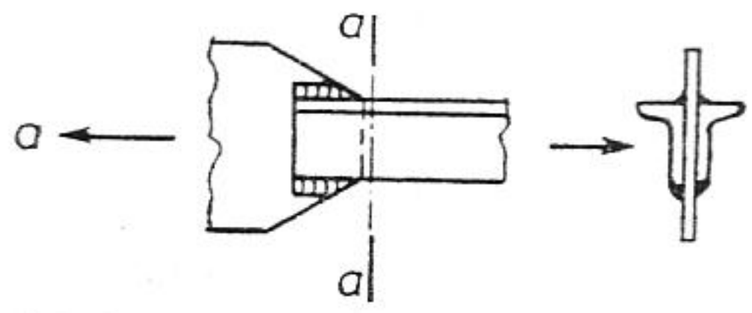
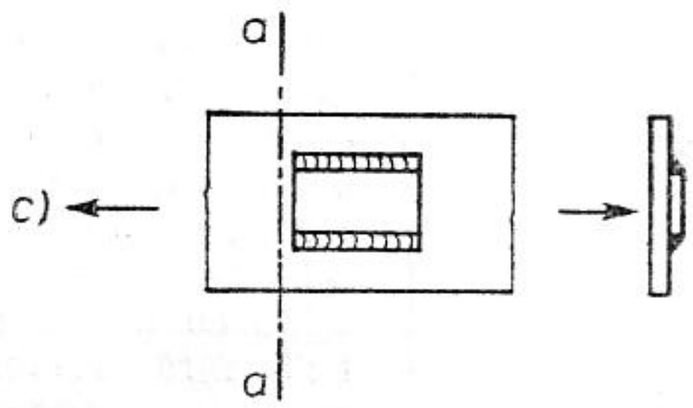
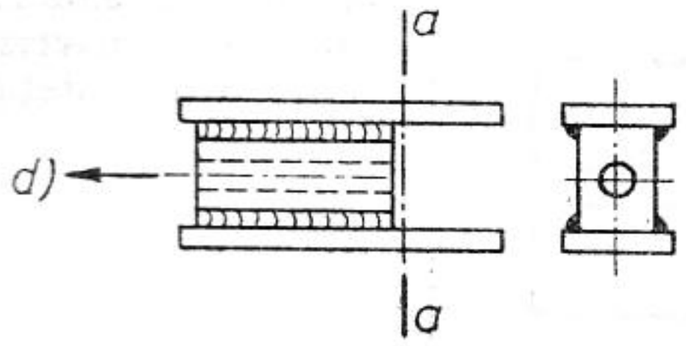
Grupa elementelor sau îmbinărilor pentru verificarea la oboseală

Nr. crt.	Schema îmbinării și poziția secțiunii de calcul *a—a*	Caracteristica secțiunii	Grupa elementelor sau îmbinărilor
0	1	2	3
1		Metalul de bază cu suprafața rezultată din laminare, neprelucrată și cu marginile rezultate din laminare, tăiere sau prelucrare mecanică în secțiuni departe de suduri, nituri sau șuruburi	1
2		Idem, dar cu marginile rezultate din tăiere cu flacără cu gaz: — tăiere automată — tăiere manuală	 2 4
3		Metal de bază cu suprafața rezultată din laminare și marginile prelucrate mecanic în cazul trecerii de la o lățime la alta cu o racordare curbă, de rază r=200 mm r= 10 mm	 1 4
4	a)  b) 	Metalul de bază în locul trecerii spre o îmbinare cu sudură neprelucrată, dar care au o trecere suficient de lină: *a*— în cazul în care îmbinările tablelor au aceeași lățime și grosime *b*— în cazul îmbinărilor tablelor de lățimi diferite sau de grosimi diferite, cu o trecere lină	 4 5

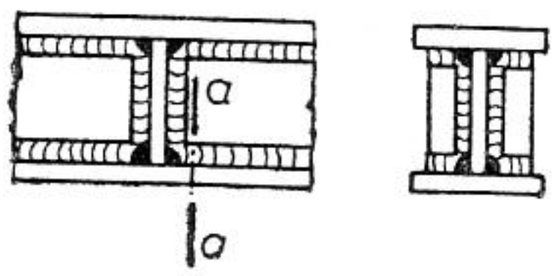
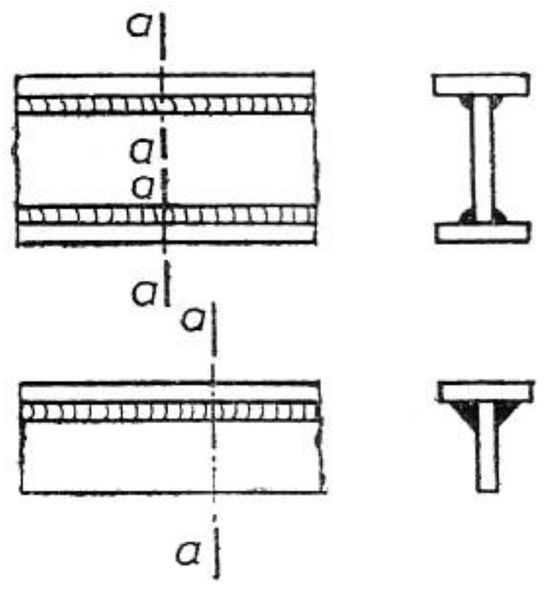
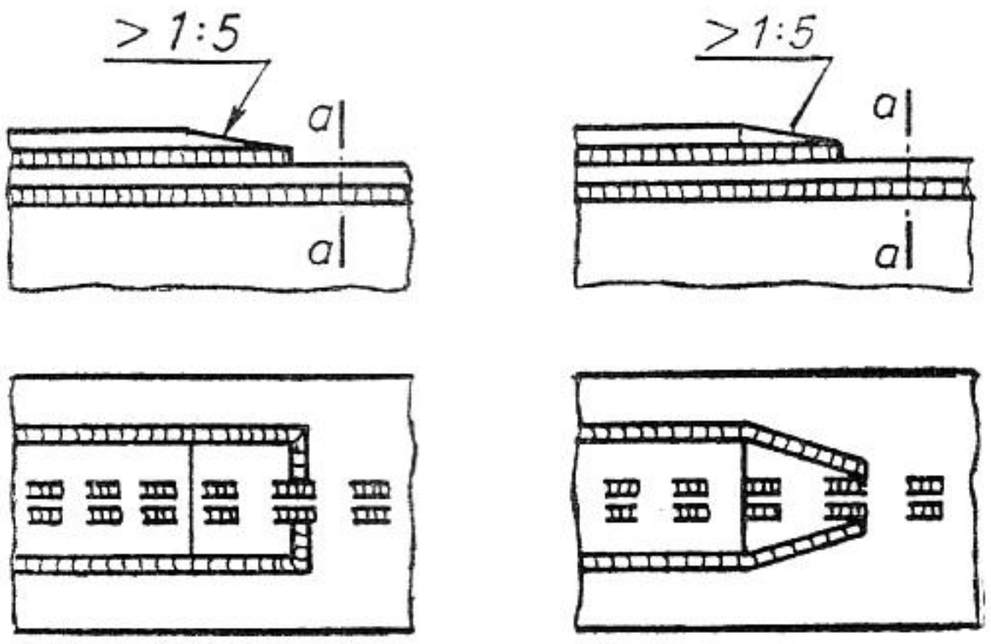
Tabelul 3.35 (continuare)

0	1	2	3
5		Metal de bază în locul trecerii spre o îmbinare cu sudură prelucrată în acest loc prin polizare sau frezare: *a* — în cazul îmbinării tablelor de aceeași lățime și grosime *b* — în cazul îmbinării tablelor de lățimi sau grosimi diferite	 2 3
6		Metal de bază în locul trecerii spre o sudură în relief transversală (frontală) *a* — în cazul transmiterii efortului prin suduri fără prelucrare mecanică dacă raportul catetelor este 1 : 5 (cînd cateta mare este în lungul efortului) idem, în cazul prelucrării mecanice a trecerii de la sudură la metalul de bază *b* — fără prelucrare mecanică în cazul transmiterii efortului prin metalul de bază idem, în cazul polizării trecerii de la sudură spre metalul de bază	 7 4 6 4

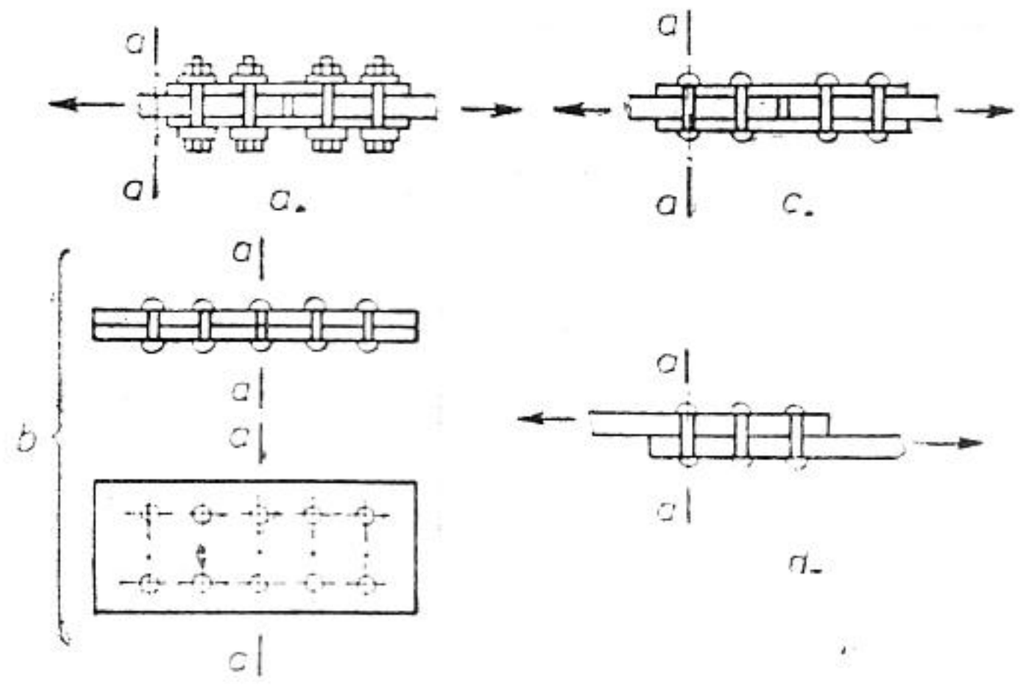
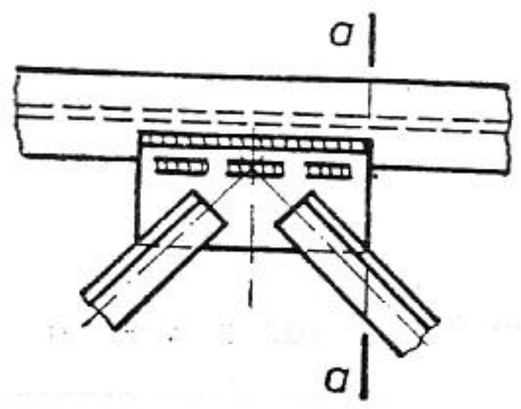
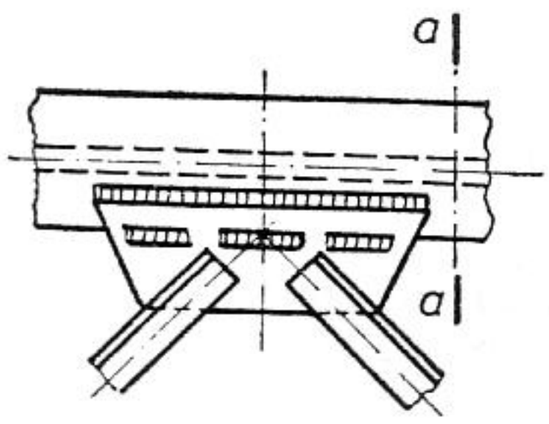
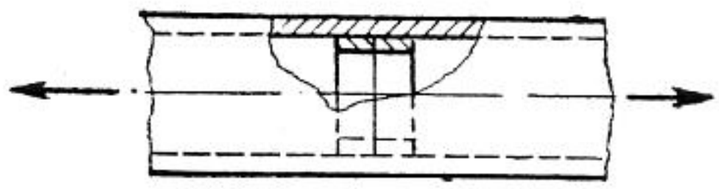
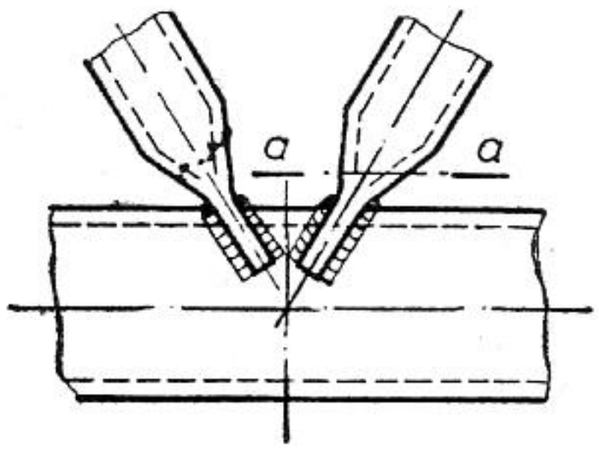
Tabelul 3.35 (continuare)

0	1	2	3
7		Metalul de bază la îmbinări cu placă transversală în cazul trecerii line a sudurii spre metalul de bază: — cu pătrundere adîncă a îmbinării — idem, cu prelucrare mecanică a trecerii de la cordonul de sudură la metalul de bază	7 4
8		Metalul de bază la îmbinări cu suduri în relief laterale care lucrează la forfecare din forţă axială, în locurile trecerii de la element la capătul sudurilor laterale indiferent de prelucrare: *a* — cu două suduri laterale *b* — cu suduri frontale şi laterale	8 8
		*c* — în cazul trecerii efortului prin metalul de bază *d* — piese de ancorare pentru fixarea cablurilor metalice	8 8
			

Tabelul 5.35 (continuare)

0	1	2	3
9		Metalul de bază în apropierea diafragmelor și rigidizărilor sudate cu suduri în relief de tălpile întinse ale grinzilor și elementelor fermelor: — fără prelucrarea mecanică a sudurilor, dar în cazul unei treceri line de la sudură la metal în cazul sudurii manuale și semiautomate — idem, în cazul prelucrării mecanice a sudurilor	 4 2
10		Secțiuni dublu T sudate, T sudate și de alte tipuri, sudate cu suduri longitudinale neîntrerupte: — sudură automată cînd acționează eforturi în lungul axei sudurii în metalul de bază — în cazul sudării manuale	 2 3
11		Talpa unei grinzi sudate în locul unde se termină tabla de dublare a tălpii în cazul micșorării grosimii (lățimii) tablei care dublează talpa cu o pantă de 1 : 5, fără prelucrare mecanică a sudurii frontale (transversale) cu raportul catetelor 1 : 2	 7

Tabelul 5.35 (continuare)

0	1	2	3
12		Metalul de bază în secțiunile: *a* — lîngă îmbinări cu șuruburi de înaltă rezistență *b* — în îmbinări cu nituri, sau în dreptul găurilor libere *c* — în îmbinări cu nituri cu două secțiuni de forfecare *d* — în îmbinări cu nituri cu o secțiune de forfecare	 3 4 5 6
13		Gusee dreptunghiulare sau de formă trapezoidală sudate pe contur de tălpile grinzilor fără prelucrarea mecanică a zonelor de concentrare a eforturilor	7
14		Gusee de formă trapezoidală sudate cu două suduri laterale și două suduri înclinate (cu raportul catetelor 1 : 1 pentru suduri laterale și 1 : 1,5 pentru sudurile înclinate) în cazul prelucrării mecanice a sudurilor de la capetele guseelor	5
15		Metalul de bază al țevilor lîngă cordonul de sudură realizat cu piesă suport	4
16		Metalul de bază al țevii diagonalei întinse în cazul $s=t/D=1/14$ în care t și D sînt grosimea și diametrul exterior al țevii tălpii	8

Tabelul 3.36

Grosimi minime ale cordoanelor de sudură în relief executate într-o singură trecere

Grosimea celui mai gros element care se sudează, mm	Dimensiunea minimă, *a* în mm, a cordonului de sudură de colț la elemente din	
	oțel carbon	oțel slab aliat
Pînă la 10	3	4
11...20	4	6
21...30	6	7
31...50	7	8

Tabelul 3.37

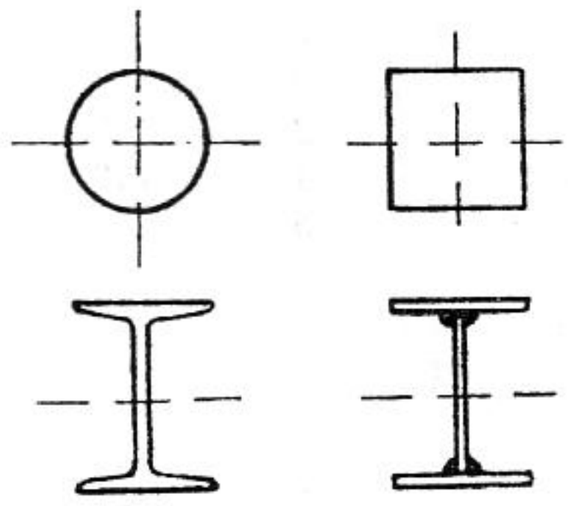
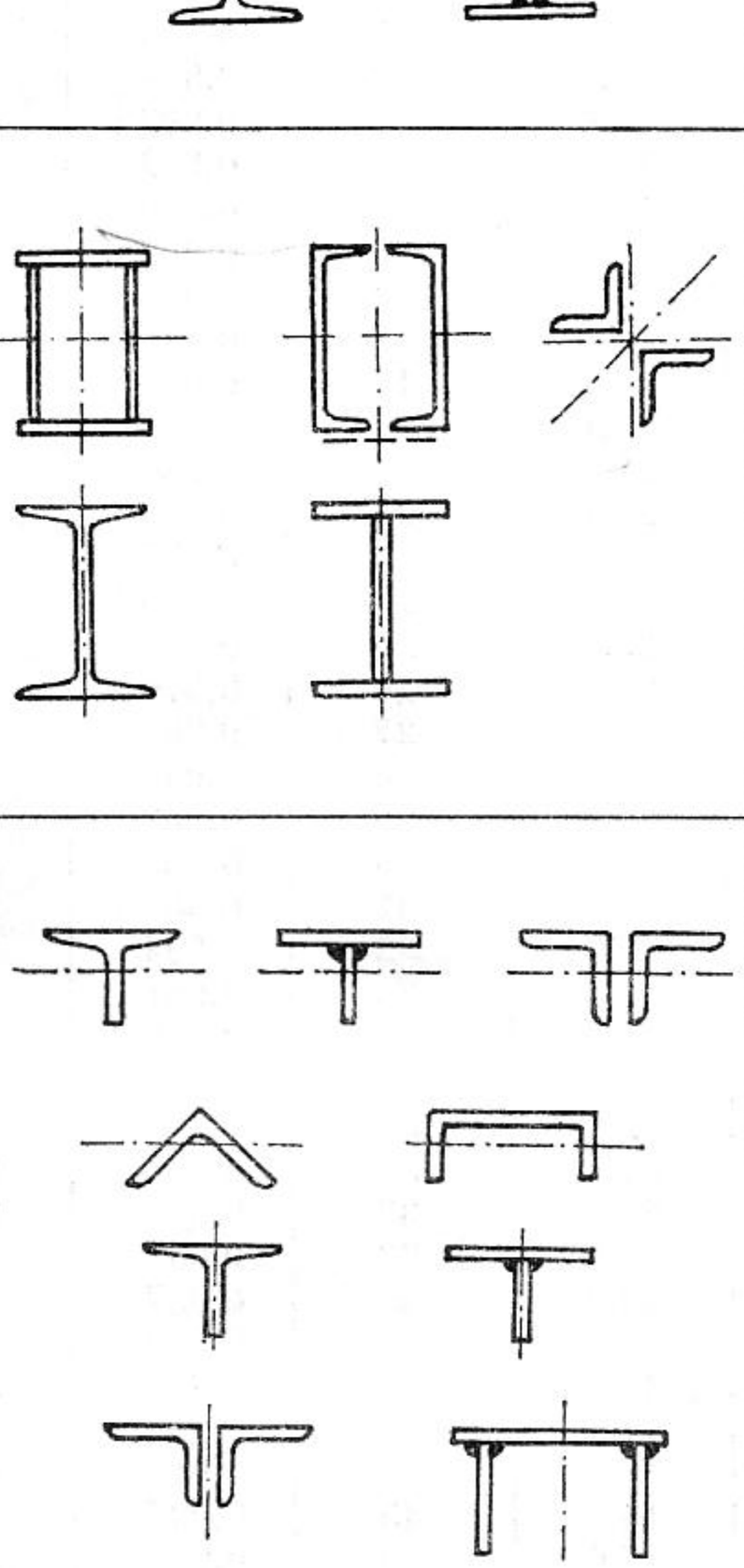
Distanțe între șuruburi (nituri) și între acestea și marginile șuruburilor

Nr. crt.	Distanța între nituri și șuruburi și între acestea și marginea pieselor	Distanța
1	Distanța între centrele niturilor sau șuruburilor pe o direcție oarecare	
	a) minimă	3 *d*
	b) maximă, pe șirurile marginale, cînd marginea nu este întărită cu corniere de margine, la întindere și compresiune	8 *d* sau 12 *t*
	c) maximă, pe șirurile interioare și pe cele marginale cînd există corniere pe margine	
	— la întindere	16 *d* sau 24 *t*
	— la compresiune	16 *d* sau 18 *t*
2	Distanța de la centrul nitului sau șurubului pînă la marginea elementului	
	a) minimă, în lungul efortului	2 *d*
	b) minimă, transversal efortului	
	— cînd marginile sînt tăiate	1,5 *d*
	— la profile laminate	1,2 *d*
	c) maxime	4 *d* sau 8 *t*

în care: *d* — diametrul găurii pentru nituri și șuruburi
t — grosimea celui mai subțire element exterior din pachet

Tabelul 3.38

Încadrarea în curbele de flambaj

Nr. crt.	Tipul profilului	Indicatorul tabelelor cu coeficienții φ în funcție de R_c
1	a. Tuburi laminate la cald, fără sudură b. Profile dublu T laminate sau sudate din tablă oxicupată, care flambează în plan paralel cu inima.	 $A-R_c$
2	a. Chesoane sudate, profile solidarizate b. Profile dublu T laminate sau sudate din tablă oxicupată, care flambează în plan paralel cu tălpile	$B-R_c$
3	Profile deschise cu o axă de simetrie a. Flambaj în plan paralel cu axa de simetrie $y-y$ b. Flambaj în plan perpendicular pe axa de simetrie*	 $C-R_c$ $B-R_c$

Observații: * Flambajul se produce prin încovoiere —răsucire dacă φ pentru λ în raport cu axa de simetrie este mai mic decît φ pentru λ în raport cu axa perpendiculară pe axa de simetrie; în acest caz verificarea pierderii stabilității se face cu $\lambda_{tr}=\gamma\lambda_y$, dacă coeficientul φ luat din tabelele $B-R_c$ este mai mic decît φ determinat cu λ_y luat din tabelele $C-R_c$. În același mod se face și verificarea barelor dintr-o singură cornieră.

Tabelul 3.39

Coeficienți φ, ξ pentru oțel OL 37
(R_c=240 N/mm²)

Coeficienti φ, ξ pentru oțel OL 37, pe curbele:								
A			*B*			*C*		
λ	φ	ξ	λ	φ	ξ	λ	φ	ξ
0	1,000	0,0	0	1,000	0,0	0	1,000	0,0
1	1,000	1,0	1	1,000	1,0	1	1,000	1,0
2	1,000	2,0	2	1,000	2,0	2	1,000	2,0
3	1,000	3,0	3	1,000	3,0	3	0,999	3,0
4	1,000	4,0	4	0,999	4,0	4	0,999	4,0
5	0,999	5,0	5	0,999	5,0	5	0,998	5,0
6	0,999	6,0	6	0,998	6,0	6	0,997	6,0
7	0,999	7,0	7	0,998	7,0	7	0,996	7,0
8	0,998	8,0	8	0,997	8,0	8	0,995	8,0
9	0,998	9,0	9	0,997	9,0	9	0,994	9,0
10	0,997	10,0	10	0,996	10,0	10	0,992	10,0
11	0,997	11,0	11	0,995	11,0	11	0,990	11,1
12	0,996	12,0	12	0,994	12,0	12	0,989	12,1
13	0,995	13,0	13	0,993	13,1	13	0,987	13,1
14	0,995	14,0	14	0,992	14,1	14	0,985	14,1
15	0,994	15,0	15	0,990	15,1	15	0,982	15,2
16	0,993	16,1	16	0,989	16,1	16	0,980	16,2
17	0,992	17,1	17	0,987	17,1	17	0,977	17,2
18	0,991	18,1	18	0,986	18,2	18	0,975	18,2
19	0,990	19,1	19	0,984	19,2	19	0,972	19,3
20	0,989	20,1	20	0,983	20,2	20	0,969	20,3
21	0,988	21,1	21	0,981	21,2	21	0,965	21,4
22	0,987	22,1	22	0,979	22,2	22	0,962	22,4
23	0,985	23,2	23	0,977	23,3	23	0,959	23,5
24	0,984	24,2	24	0,975	24,3	24	0,955	24,6
25	0,982	25,2	25	0,973	25,3	25	0,951	25,6
26	0,981	26,3	26	0,970	26,4	26	0,948	26,7
27	0,979	27,3	27	0,968	27,4	27	0,944	27,8
28	0,978	28,3	28	0,965	28,5	28	0,939	28,9
29	0,976	29,3	29	0,963	29,5	29	0,935	30,0
30	0,974	30,4	30	0,960	30,6	30	0,931	31,1
31	0,972	31,4	31	0,957	31,7	31	0,926	32,2
32	0,970	32,5	32	0,954	32,8	32	0,922	33,3
33	0,968	33,5	33	0,951	33,8	33	0,917	34,5
34	0,966	34,6	34	0,948	34,9	34	0,912	35,6
35	0,964	35,6	35	0,945	36,0	35	0,907	36,8
36	0,962	36,7	36	0,942	37,1	36	0,902	37,9
37	0,960	37,8	37	0,938	38,2	37	0,897	39,1
38	0,957	38,8	38	0,935	39,3	38	0,892	40,2
39	0,955	39,9	39	0,931	40,4	39	0,886	41,4
40	0,952	40,9	40	0,927	41,5	40	0,881	42,6
41	0,950	42,1	41	0,923	42,6	41	0,875	43,8
42	0,947	43,2	42	0,919	43,8	42	0,896	45,1
43	0,944	44,3	43	0,915	44,9	43	0,863	46,3
44	0,941	45,4	44	0,911	46,1	44	0,858	47,5
45	0,938	46,5	45	0,907	47,3	45	0,852	48,8
46	0,935	47,6	46	0,902	38,4	46	0,846	50,0
47	0,932	48,7	47	0,898	49,6	47	0,840	51,3
48	0,928	49,8	48	0,893	50,8	48	0,833	52,6
49	0,925	50,9	49	0,888	52,0	49	0,827	53,9
50	0,921	52,1	50	0,883	53,2	50	0,821	55,2
51	0,918	53,2	51	0,878	54,2	51	0,814	56,5
52	0,914	54,4	52	0,873	55,7	52	0,808	57,8
53	0,910	55,5	53	0,868	56,9	53	0,801	59,2

Coeficienți φ, ξ pentru oțel OL 37, pe curbele:

A			*B*			*C*		
λ	φ	ξ	λ	φ	ξ	λ	φ	ξ
54	0,906	56,7	54	0,863	58,1	54	0,795	60,6
55	0,902	57,9	55	0,857	59,4	55	0,788	61,9
56	0,898	59,1	56	0,852	60,7	56	0,782	63,3
57	0,893	60,3	57	0,846	62,0	57	0,775	64,7
58	0,889	61,5	58	0,840	63,3	58	0,768	66,2
59	0,884	61,7	59	0,834	64,6	59	0,762	67,6
60	0,879	64,0	60	0,829	65,9	60	0,755	69,1
61	0,875	65,2	61	0,822	67,3	61	0,748	70,5
62	0,870	66,5	62	0,816	68,6	62	0,741	72,0
63	0,865	67,7	63	0,810	70,0	63	0,734	73,5
64	0,860	69,1	64	0,804	71,4	64	0,728	75,0
65	0,854	70,3	65	0,797	72,8	65	0,721	76,5
66	0,849	71,6	66	0,791	74,2	66	0,714	78,1
67	0,843	72,9	67	0,784	75,7	67	0,707	73,7
68	0,838	74,3	68	0,778	77,1	68	0,700	81,3
69	0,832	75,6	69	0,771	78,6	69	0,693	82,9
70	0,826	77,0	70	0,764	80,1	70	0,686	84,5
71	0,820	78,4	71	0,757	81,6	71	0,680	86,1
72	0,814	79,8	72	0,750	83,1	72	0,679	87,8
73	0,808	81,2	73	0,743	87,4	73	0,666	89,5
74	0,801	82,7	74	0,736	86,3	74	0,659	91,2
75	0,795	84,1	75	0,729	87,8	75	0,652	92,9
76	0,788	85,6	76	0,722	89,4	76	0,646	94,6
77	0,782	87,1	77	0,715	91,1	77	0,639	96,3
78	0,775	88,6	78	0,708	92,7	78	0,632	98,1
79	0,768	90,1	79	0,701	94,4	79	0,626	99,8
80	0,762	91,6	80	0,694	96,0	80	0,619	101,7
81	0,755	93,2	81	0,686	97,8	81	0,612	103,5
82	0,748	94,8	82	0,679	99,5	82	0,606	105,3
83	0,741	96,4	83	0,672	101,2	83	0,599	107,2
84	0,733	98,1	84	0,665	103,0	84	0,593	109,1
85	0,726	99,7	85	0,657	104,9	85	0,586	111,0
86	0,719	101,4	86	0,650	106,6	86	0,580	112,9
87	0,712	103,1	87	0,643	108,5	87	0,574	114,8
88	0,704	104,9	88	0,636	110,3	88	0,567	116,9
89	0,697	106,6	89	0,629	112,2	89	0,561	118,8
90	0,690	108,3	90	0,622	114,1	90	0,555	120,8
91	0,682	110,2	91	0,614	116,1	91	0,543	122,8
92	0,675	112,0	92	0,607	118,1	92	0,543	123,5
93	0,668	113,8	93	0,600	120,1	93	0,537	126,9
94	0,660	115,7	94	0,593	122,1	94	0,531	129,0
95	0,653	117,6	95	0,586	124,1	95	0,525	131,1
96	0,645	119,5	96	0,579	126,2	96	0,519	133,3
97	0,638	121,4	97	0,572	128,3	97	0,513	135,4
98	0,631	123,4	98	0,566	130,3	98	0,508	137,5
99	0,623	125,4	99	0,559	132,4	99	0,502	139,7
100	0,616	127,4	100	0,552	134,6	100	0,496	142,0
101	0,609	129,4	101	0,546	136,7	101	0,491	144,2
102	0,602	131,5	102	0,539	138,9	102	0,485	146,5
103	0,594	133,6	103	0,532	141,2	103	0,480	148,7
104	0,587	135,7	104	0,526	143,4	104	0,474	151,1
105	0,580	137,9	105	0,520	145,6	105	0,469	153,3
106	0,573	140,0	106	0,513	148,0	106	0,464	155,6
107	0,566	142,2	107	0,507	150,3	107	0,458	158,1
108	0,559	144,5	108	0,501	152,6	108	0,453	160,5
109	0,553	146,6	109	0,495	154,9	109	0,448	162,8
110	0,546	148,9	110	0,488	157,5	110	0,443	165,3

Tabelul 3.39 (continuare)

Coeficienți φ, ξ pentru oțel OL 37, pe curbele:								
A			*B*			*C*		
λ	φ	ξ	λ	φ	ξ	λ	φ	ξ
111	0,539	151,2	111	0,482	159,9	111	0,438	167,7
112	0,532	153,6	112	0,477	162,2	112	0,433	170,2
113	0,526	155,8	113	0,471	164,7	113	0,428	173,7
114	0,519	158,2	114	0,465	167,2	114	0,424	175,1
115	0,513	160,6	115	0,459	169,7	115	0,419	177,7
116	0,507	162,9	116	0,454	172,2	116	0,414	180,3
117	0,500	165,5	117	0,448	174,8	117	0,410	182,7
118	0,494	107,9	118	0,443	177,3	118	0,405	185,4
119	0,488	170,3	119	0,437	180,0	119	0,400	188,1
120	0,482	172,0	120	0,432	182,6	120	0,396	190,7
121	0,476	176,5	121	0,427	185,2	121	0,392	193,3
122	0,470	177,9	122	0,421	188,0	122	0,387	196,1
123	0,464	180,6	123	0,416	190,7	123	0,383	198,7
124	0,458	183,2	124	0,411	193,4	124	0,379	201,4
125	0,453	185,7	125	0,406	196,2	125	0,375	204,1
126	0,447	188,5	126	0,401	198,9	126	0,371	206,9
127	0,442	191,0	127	0,396	201,8	127	0,366	209,9
128	0,436	193,9	128	0,392	204,4	128	0,362	212,7
129	0,431	196,5	129	0,387	209,8	129	0,358	215,6
130	0,426	199,2	130	0,382	210,3	130	0,355	218,2
131	0,420	202,1	131	0,378	213,1	131	0,351	221,1
132	0,415	204,9	132	0,373	216,1	132	0,347	224,1
133	0,410	207,7	133	0,369	218,9	133	0,343	227,1
134	0,405	210,6	134	0,364	222,1	134	0,339	230,1
135	0,400	213,5	135	0,360	225,0	135	0,336	232,9
136	0,396	216,1	136	0,356	227,9	136	0,332	236,0
137	0,391	219,1	137	0,352	130,9	137	0,329	238,8
138	0,386	222,1	138	0,348	233,9	138	0,325	242,1
139	0,382	224,9	139	0,343	237,3	139	0,322	244,9
140	0,377	228,0	140	0,339	240,5	140	0,318	248,3
141	0,372	231,1	141	0,336	243,2	141	0,315	251,2
142	0,368	234,1	142	0,332	246,4	142	0,312	254,2
143	0,364	237,0	143	0,328	249,7	143	0,308	257,7
144	0,359	240,3	144	0,324	253,0	144	0,305	260,7
145	0,355	243,4	145	0,320	256,3	145	0,302	263,9
146	0,351	246,4	146	0,317	259,3	146	0,299	267,0
147	0,347	249,5	147	0,313	262,8	147	0,296	270,2
148	0,343	252,7	148	0,310	265,8	148	0,293	273,4
149	0,339	255,9	149	0,306	269,4	149	0,289	277,2
150	0,335	259,2	150	0,303	272,5	150	0,286	280,5
151	0,331	262,5	151	0,299	276,1	151	0,284	283,3
152	0,327	265,8	152	0,296	279,4	152	0,281	286,7
153	0,324	268,8	153	0,293	282,7	153	0,278	290,2
154	0,320	272,2	154	0,289	286,5	154	0,275	293,7
155	0,316	275,7	155	0,286	289,8	155	0,272	297,2
156	0,313	278,8	156	0,283	293,2	156	0,269	300,7
157	0,309	282,4	157	0,280	296,7	157	0,267	303,8
158	0,306	285,6	158	0,277	300,2	158	0,264	307,5
159	0,303	288,9	159	0,274	303,8	159	0,261	311,2
160	0,299	292,6	160	0,271	307,4	160	0,259	314,4
161	0,296	295,9	161	0,268	311,0	161	0,256	318,0
162	0,293	299,3	162	0,265	314,7	162	0,254	321,4
163	0,289	303,2	163	0,262	318,4	163	0,251	325,3
164	0,286	306,7	164	0,259	322,3	164	0,249	328,7
165	0,283	310,2	165	0,257	325,5	165	0,246	332,7
166	0,280	313,7	166	0,254	329,4	166	0,244	336,1
167	0,277	317,3	167	0,251	333,3	167	0,241	340,2
168	0,274	320,9	168	0,249	336,7	168	0,239	343,6

Tabelul 3.39 (continuare)

Coeficienți φ, ξ pentru oțel OL 37, pe curbele;								
A			*B*			*C*		
λ	φ	ξ	λ	φ	ξ	λ	φ	ξ
169	0,271	324,6	169	0,246	340,7	169	0,237	347,1
170	0,268	328,4	170	0,244	344,2	170	0,234	351,4
171	0,266	331,6	171	0,241	348,3	171	0,232	355,0
172	0,263	335,4	172	0,239	351,8	172	0,230	358,6
173	0,260	339,3	173	0,236	356,1	173	0,228	362,3
174	0,257	343,2	174	0,234	359,7	174	0,226	366,0
175	0,255	346,6	175	0,231	364,1	175	0,224	363,8
176	0,252	350,6	176	0,229	367,8	176	0,221	374,4
177	0,249	354,7	177	0,227	371,5	177	0,219	378,2
178	0,247	358,2	178	0,224	376,1	178	0,217	382,1
179	0,244	362,4	179	0,222	379,9	179	0,215	386,0
180	0,242	365,9	180	0,220	383,8	180	0,213	390,0
181	0,239	370,2	181	0,218	387,7	181	0,211	394,0
182	0,237	373,8	182	0,216	391,6	182	0,209	398,1
183	0,235	377,5	183	0,213	396,5	183	0,207	402,2
184	0,232	382,0	184	0,211	400,6	184	0,205	406,4
185	0,230	385,8	185	0,209	404,7	185	0,204	409,6
186	0,228	389,5	186	0,207	408,8	186	0,202	413,8
187	0,225	394,2	187	0,205	413,0	187	0,200	418,1
188	0,223	398,1	188	0,203	417,3	188	0,198	422,5
189	0,221	402,0	189	0,201	421,6	189	0,196	426,9
190	0,219	406,0	191	0,199	425,9	190	0,195	430,3
191	0,217	410,0	191	0,197	430,3	191	0,193	434,8
192	0,215	414,1	192	0,195	434,8	192	0,191	439,3
193	0,213	418,2	193	0,194	438,2	193	0,189	443,9
194	0,211	422,3	194	0,192	342,7	194	0,188	447,4
195	0,209	426,5	195	0,190	447,4	195	0,186	452,1
196	0,207	430,8	196	0,188	452,0	196	0,184	456,9
197	0,205	435,1	197	0,186	456,8	197	0,183	460,5
198	0,203	439,5	198	0,185	460,3	198	0,181	465,4
199	0,201	443,9	199	0,183	465,2	199	0,180	469,0
200	0,199	448,3	200			200	0,178	474,0

Tabelul 3.40

Coeficienți φ, ξ pentru oțel OL 44

(R_c=290 N/mm²)

Coeficienți φ, ξ pentru oțel OL 44, pe curbele:								
A			*B*			*C*		
λ	φ	ξ	λ	φ	ξ	λ	φ	ξ
0	1,000	0,0	0	1,000	0,0	0	1,000	0,0
1	1,000	1,0	1	1,000	1,0	1	1,000	1,0
2	1,000	2,0	2	1,000	2,0	2	1,000	2,0
3	1,000	3,0	3	1,000	3,0	3	0,999	3,0
4	0,999	4,0	4	0,999	4,0	4	0,998	4,0
5	0,999	5,0	5	0,999	5,0	5	0,998	5,0
6	0,999	6,0	6	0,998	6,0	6	0,997	6,0
7	0,998	7,0	7	0,997	7,0	7	0,995	7,0
8	0,998	8,0	8	0,997	8,0	8	0,994	8,0
9	0,997	9,0	9	0,996	9,0	9	0,992	9,0
10	0,997	10,0	10	0,995	10,0	10	0,990	10,1

Tabelul 3.40 (continuare)

Coeficienți φ, ξ pentru oțel OL 44 pe curbele								
A			*B*			*C*		
λ	φ	ξ	λ	φ	ξ	λ	φ	ξ
11	0,996	11,0	11	0,994	11,0	11	0,988	11,1
12	0,995	12,0	12	0,992	12,0	12	0,986	12,1
13	0,994	13,0	13	0,991	13,1	13	0,984	13,2
14	0,994	14,0	14	0,990	14,1	14	0,981	14,2
15	0,993	15,0	15	0,988	15,1	15	0,979	15,2
16	0,991	16,1	16	0,987	16,1	16	0,976	16,2
17	0,990	17,1	17	0,985	17,2	17	0,973	17,3
18	0,989	18,1	18	0,983	18,2	18	0,969	18,3
19	0,988	19,1	19	0,981	19,2	19	0,966	19,3
20	0,987	20,1	20	0,979	20,2	20	0,963	20,4
21	0,985	21,2	21	0,977	21,2	21	0,958	21,5
22	0,984	22,2	22	0,974	22,3	22	0,954	22,5
23	0,982	23,2	23	0,972	23,3	23	0,950	23,6
24	0,980	24,2	24	0,969	24,4	24	0,946	24,7
25	0,979	25,3	25	0,967	25,4	25	0,942	25,8
26	0,977	26,3	26	0,964	26,5	26	0,937	26,9
27	0,975	27,3	27	0,961	27,5	27	0,932	30,0
28	0,973	28,4	28	0,958	28,6	28	0,927	30,1
29	0,971	29,4	29	0,955	29,7	29	0,922	30,2
30	0,969	30,5	30	0,951	30,8	30	0,917	31,3
31	0,966	31,5	31	0,948	31,8	31	0,912	32,5
32	0,964	32,6	32	0,944	32,9	32	0,906	33,6
33	0,961	33,7	33	0,941	34,0	33	0,901	34,8
34	0,959	34,7	34	0,937	35,1	34	0,895	35,9
35	0,956	35,8	35	0,933	36,2	35	0,889	37,1
36	0,953	36,9	36	0,929	37,4	36	0,883	38,3
37	0,950	38,0	37	0,925	38,5	37	0,877	39,5
38	0,947	39,0	38	0,920	39,6	38	0,871	40,7
39	0,944	40,1	39	0,918	40,7	39	0,864	42,0
40	0,941	41,2	40	0,911	41,9	40	0,858	43,2
41	0,938	42,3	41	0,906	43,1	41	0,851	44,4
42	0,934	43,5	42	0,902	44,2	42	0,845	45,7
43	0,931	44,6	43	0,896	45,4	43	0,838	47,0
44	0,927	45,7	44	0,891	46,6	44	0,831	48,3
45	0,923	46,9	45	0,886	47,8	45	0,824	49.6
46	0,919	48,0	46	0,881	49,7	46	0,817	50,9
47	0,915	49,1	47	0,875	50,2	47	0,810	52,2
48	0,911	50,3	48	0,869	51,5	48	0,803	53,6
49	0,906	51,5	49	0,863	52,7	49	0,796	54,9
50	0,902	52,6	50	0,858	54,0	50	0,789	56,3
51	0,897	53,8	51	0,851	55,3	51	0,781	57,7
52	0,892	55,1	52	0,845	56,6	52	0,774	59,1
53	0,888	56,2	53	0,839	57,9	53	0,767	60,5
54	0,882	57,5	54	0,832	59,2	54	0,759	62,0
55	0,877	58,7	55	0,826	60,5	55	0,752	63,4
56	0,872	60,0	56	0,819	61,9	56	0,744	64,9
57	0,866	61,2	57	0,812	63,3	57	0,737	66,4
58	0,861	62,5	58	0,805	64,6	58	0,729	67,9
59	0,855	63,8	59	0,798	66,0	59	0,722	69,4
60	0,849	65,1	60	0,791	67,5	60	0,714	71,0
61	0,843	66,4	61	0,784	68,9	61	0,707	72,5
62	0,837	67,8	62	0,777	70,3	62	0,699	74,2
63	0,830	69,2	63	0,769	71,8	63	0,692	75,7
64	0,824	70,5	64	0,762	73,3	64	0,684	77,4
65	0,817	71,9	65	0,754	74,9	65	0,677	78,9
66	0,811	73,3	66	0,747	76,4	66	0,669	80,7
67	0,804	74,7	67	0,739	77,9	67	0,662	82,3

Tabelul 3.40 (continuare)

Coeficienți φ, ξ pentru oțel OL 44 pe curbele								
A			*B*			*C*		
λ	φ	ξ	λ	φ	ξ	λ	φ	ξ
68	0,797	76,2	68	0,731	79,5	68	0,654	84,1
69	0,789	77,9	69	0,723	81,1	69	0,647	85,8
70	0,782	79,2	70	0,716	82,7	70	0,639	87,6
71	0,779	80,4	71	0,708	84,4	71	0,632	89,3
72	0,767	82,2	72	0,700	86,1	72	0,625	91,1
73	0,760	83,7	73	0,692	87,8	73	0,617	92,9
74	0,752	85,3	74	0,684	89,5	74	0,610	94,7
75	0,744	86,9	75	0,676	91,2	75	0,603	96,6
76	0,737	88,5	76	0,668	93,0	76	0,596	98,4
77	0,729	90,2	77	0,660	94,8	77	0,589	100,3
78	0,721	91,9	78	0,652	96,6	78	0,582	102,2
79	0,713	93,6	79	0,644	98,4	79	0,575	104,2
80	0,705	95,3	80	0,636	100,3	80	0,568	106,1
81	0,697	97,0	81	0,628	102,2	81	0,561	108,1
82	0,689	98,8	82	0,621	104,1	82	0,554	110,2
83	0,681	100,6	83	0,613	106,0	83	0,547	112,2
84	0,672	102,5	84	0,605	108,0	84	0,541	114,2
85	0,664	104,3	85	0,597	110,0	85	0,534	116,3
86	0,656	106,2	86	0,590	112,0	86	0,528	118,4
87	0,648	108,1	87	0,582	114,0	87	0,521	120,5
88	0,640	110,0	88	0,574	116,1	88	0,515	122,6
89	0,632	112,0	89	0,567	118,2	89	0,508	124,9
90	0,624	113,9	90	0,559	120,4	90	0,502	127,0
91	0,616	115,9	91	0,552	122,5	91	0,496	129,2
72	0,608	118,0	92	0,545	124,6	92	0,490	131,4
93	0,600	120,1	93	0,537	126,9	93	0,484	133,7
94	0,592	122,2	94	0,530	129,1	94	0,478	134,7
95	0,584	124,3	95	0,523	131,4	93	0,472	138,3
96	0,577	126,4	96	0,518	133,4	96	0,466	140,6
97	0,569	128,6	97	0,509	136,0	97	0,460	143,0
98	0,561	130,8	98	0,502	138,3	98	0,455	145,3
99	0,554	133,0	99	0,498	140,3	99	0,449	147,7
100	0,546	135,3	100	0,489	143,0	100	0,444	150,1
101	0,539	137,6	101	0,482	145,5	101	0,438	152,6
102	0,532	139,8	102	0,476	147,8	102	0,433	155,0
103	0,524	142,3	103	0,469	150,4	103	0,427	157,6
104	0,517	144,6	104	0,463	152,8	104	0,422	160,1
105	0,510	147,0	105	0,457	155,3	105	0,417	162,6
106	0,503	149,5	106	0,451	157,8	106	0,412	165,1
107	0,496	151,9	107	0,454	160,4	107	0,407	167,7
108	0,490	154,3	108	0,439	163,0	108	0,402	170,3
109	0,483	156,8	109	0,433	165,6	109	0,397	173,0
110	0,476	159,4	110	0,427	168,3	110	0,392	175,7
111	0,470	161,9	111	0,421	171,0	111	0,387	178,4
112	0,464	164,4	112	0,416	173,6	112	0,383	181,0
113	0,457	167,2	113	0,410	176,5	113	0,378	183,8
114	0,451	169,7	114	0,405	179,1	114	0,373	186,6
115	0,445	172,4	115	0,399	182,1	115	0,369	189,3
116	0,439	175,1	116	0,394	184,8	116	0,364	192,3
117	0,433	177,8	117	0,389	187,6	117	0,360	195,0
118	0,427	180,6	118	0,384	190,4	118	0,356	197,8
119	0,421	183,4	119	0,379	193,3	119	0,351	200,9
120	0,416	186,1	120	0,374	196,7	120	0,347	203,7
121	0,410	189,0	121	0,369	199,2	121	0,343	206,6
122	0,405	191,7	122	0,364	202,2	122	0,339	209,5
123	0,399	194,7	123	0,359	205,3	123	0,335	212,5
124	0,394	197,5	124	0,355	208,1	124	0,331	215,5

Tabelul 3.40 (continuare)

Coeficienți φ, ξ pentru oțel OL 44 pe curbele								
A			*B*			*C*		
λ	φ	ξ	λ	φ	ξ	λ	φ	ξ
125	0,389	200,4	125	0,350	211,3	125	0,327	218,6
126	0,384	203,3	126	0,345	214,5	126	0,323	221,7
127	0,379	206,3	127	0,341	217,5	127	0,320	224,5
128	0,374	209,3	128	0,337	220,5	128	0,316	227,7
129	0,369	212,4	129	0,332	223,9	129	0,312	230,9
130	0,364	215,5	130	0,328	227,0	130	0,309	233,9
131	0,359	218,6	131	0,324	230,1	131	0,305	237,2
132	0,355	221,5	132	0,320	233,3	132	0,302	240,2
133	0,350	224,8	133	0,316	236,6	133	0,298	243,6
134	0,346	227,8	134	0,312	240,0	134	0,295	246,7
135	0,341	213,2	135	0,308	243,3	135	0,291	250,3
136	0,337	234,3	136	0,304	246,7	136	0,288	253,4
137	0,333	237,4	137	0,301	249,7	137	0,285	256,6
138	0,329	240,6	138	0,297	253,2	138	0,282	259,9
139	0,325	243,0	139	0,293	256,8	139	0,278	263,6
140	0,320	247,5	140	0,290	260,0	140	0,275	267,0
141	0,317	250,4	141	0,286	263,7	141	0,272	270,4
142	0,313	252,0	142	0,283	265,0	142	0,269	271,9
143	0,309	257,3	143	0,279	270,7	143	0,266	277,3
144	0,305	260,7	144	0,276	274,1	144	0,263	280,8
145	0,301	264,3	145	0,273	277,5	145	0,260	284,4
146	0,298	379,5	146	0,269	279,6	146	0,257	286,0
147	0,294	271,1	147	0,266	285,0	147	0,255	291,1
148	0,290	274,8	148	0,263	288,6	148	0,252	294,8
149	0,287	278,1	149	0,260	292,2	149	0,249	298,6
150	0,284	281,5	150	0,257	295,9	150	0,247	301,8
151	0,280	285,4	151	0,254	299,6	151	0,244	305,7
152	0,277	288,8	152	0,251	303,4	152	0,241	309,6
153	0,274	292,3	153	0,248	307,2	153	0,239	313,0
154	0,270	296,4	154	0,245	311,1	154	0,236	317,0
155	0,267	300,0	155	0,243	314,4	155	0,234	320,4
156	0,264	303,6	156	0,240	318,4	156	0,231	324,6
157	0,261	307,3	157	0,237	322,5	157	0,229	328,1
158	0,258	311,1	158	0,234	326,6	158	0,226	332,4
159	0,255	314,9	159	0,232	330,1	159	0,224	336,0
160	0,252	318,7	160	0,229	334,4	160	0,222	339,4
161	0,249	322,6	161	0,227	337,9	161	0,219	344,0
162	0,247	326,0	162	0,224	342,3	162	0,217	347,8
163	0,244	330,0	163	0,222	345,9	163	0,215	351,5
164	0,241	334,1	164	0,219	350,4	164	0,213	355,3
165	0,238	338,2	165	0,217	354,2	165	0,211	359,2
166	0,236	341,7	166	0,215	358,0	166	0,208	369,0
167	0,233	246,0	167	0,212	362,7	167	0,206	367,9
168	0,231	349,5	168	0,210	366,6	168	0,204	372,0
169	0,228	353,9	169	0,209	369,7	169	0,202	376,0
170	0,226	357,6	170	0,205	375,5	170	0,200	380,1
171	0,223	362,1	171	0,203	379,5	171	0,198	384,3
172	0,221	365,9	172	0,201	383,6	172	0,196	388,5
173	0,218	370,5	173	0,199	387,8	173	0,194	292,8
174	0,216	374,4	174	0,197	392,0	174	0,192	397,1
175	0,214	378,3	175	0,195	369,3	175	0,190	401,5
176	0,212	382,2	176	0,193	400,6	176	0,189	404,8
177	0,209	387,2	177	0,191	405,0	177	0,187	408,3
178	0,207	319,2	178	0,189	409,4	178	0,185	413,8
179	0,205	395,3	179	0,187	413,9	179	0,183	418,4
180	0,203	399,5	180	0,185	418,5	180	0,181	423,1
181	0,201	403,7	181	0,183	423,1	181	0,180	426,6

Tabelul 3.40 (continuare)

Coeficienți φ, ξ pentru oțel OL 44 pe curbele								
A			*B*			*C*		
λ	φ	ξ	λ	φ	ξ	λ	φ	ξ
182	0,199	408,0	182	0,181	427,8	182	0,178	431,4
183	0,197	412,3	183	0,180	431,3	183	0,176	436,2
184	0,195	416,7	184	0,178	436,1	184	0,175	439,8
185	0,193	421,1	185	0,176	441,0	185	0,173	444,8
186	0,191	425,6	196	0,174	425,9	186	0,171	449,8
187	0,189	430,1	187	0,172	450,1	187	0,170	453,5
188	0,187	434,7	188	0,171	454,6	188	0,168	458,7
189	0,185	439,4	189	0,169	459,7	189	0,167	462,5
190	0,183	444,1	190	0,167	464,9	190	0,165	467,7
191	0,181	448,9	191	0,166	468,8	191	0,164	471,6
192	0,180	452,5	192	0,164	474,1	192	0,162	477,0
193	0,178	457,5	193	0,163	478,0	193	0,161	481,0
194	0,176	462,4	194	0,161	483,5	194	0,159	486,5
195	0,174	467,5	195	0,160	487,5	195	0,158	490,6
196	0,173	471,2	196	0,158	493,1	196	0,156	496,2
197	0,171	476,4	197	0,155	500,4	197	0,155	500,4
198	0,170	480,2	198	0,154	504,5	198	0,153	506,2
199	0,163	485,5	199	0,152	510,4	199	0,152	510,4
200	0,167	489,4	200			200	0,151	514,7

Tabelul 3.41

Coeficienți φ și ξ pentru oțel OL 52
(R_c=360 N/mm²)

Coeficienți φ, ξ pentru oțel OL 52, pe curbele;								
A			*B*			*C*		
λ	φ	ξ	λ	φ	ξ	λ	φ	ξ
0	1,000	0,0	0	1,000	0,0	0	1,000	0,0
1	1,000	1,0	1	1,000	1,0	1	1,000	1,0
2	1,000	2,0	2	1,000	2,0	2	1,000	2,0
3	1,000	3,0	3	0,999	3,0	3	0,999	3,0
4	0,999	4,0	4	0,999	4,0	4	0,998	4,0
5	0,999	5,0	5	0,998	5,0	5	0,997	5,0
6	0,999	6,0	6	0,998	6,0	6	0,996	6,0
7	0,998	7,0	7	0,997	7,0	7	0,994	7,0
8	0,997	8,0	8	0,996	8,0	8	0,992	8,0
9	0,997	9,0	9	0,995	9,0	9	0,990	9,0
10	0,996	10,0	10	0,994	10,0	10	0,988	10,1
11	0,995	11,0	11	0,992	11,0	11	0,986	11,1
12	0,994	12,0	12	0,991	12,1	12	0,983	12,1
13	0,993	13,0	13	0,989	13,1	13	0,980	13,1
14	0,992	14,1	14	0,987	14,1	14	0,977	14,2
15	0,991	15,1	15	0,985	15,1	15	0,973	15,2
16	0,989	16,1	16	0,983	16,1	16	0,970	16,2
17	0,988	17,1	17	0,981	17,2	17	0,966	17,3
18	0,986	18,1	18	0,979	18,2	18	0,962	18,4
19	0,985	19,1	19	0,976	19,2	19	0,958	19,4
20	0,983	20,2	20	0,974	20,3	20	0,953	20,5
21	0,981	21,2	21	0,971	21,3	20	0,949	21,6
22	0,979	22,2	22	0,968	22,4	22	0,944	22,6
23	0,977	23,3	23	0,965	23,4	23	0,939	23,7

Tabelul 3.41 (continuare)

Coeficienți φ, ξ pentru oțel OL 52, pe curbele:								
A			*B*			*C*		
λ	φ	ξ	λ	φ	ξ	λ	φ	ξ
24	0,975	24,3	24	0,962	24,5	24	0,934	24,8
25	0,973	25,3	25	0,958	25,5	25	0,928	25,9
26	0,971	26,4	26	0,955	26,6	26	0,922	27,1
27	0,968	27,4	27	0,951	27,7	27	0,917	28,2
28	0,966	28,5	28	0,947	28,8	28	0,911	29,3
29	0,963	29,6	29	0,943	29,9	29	0,904	30,5
30	0,960	30,6	30	0,939	31,0	30	0,898	31,7
31	0,957	31,7	31	0,935	32,1	31	0,892	32,8
32	0,954	32,8	32	0,930	33,2	32	0,885	34,0
33	0,951	33,8	33	0,926	34,3	33	0,878	35,2
34	0,948	34,9	34	0,921	35,4	34	0,871	36,4
35	0,944	36,0	35	0,916	36,6	35	0,864	37,6
36	0,941	37,1	36	0,911	37,7	36	0,857	38,9
37	0,937	38,2	37	0,905	38,9	37	0,850	40,1
38	0,933	39,3	38	0,900	40,1	38	0,842	41,4
39	0,929	40,5	39	0,894	41,2	39	0,835	42,7
40	0,925	41,6	40	0,888	42,4	40	0,827	44,0
41	0,920	42,7	41	0,882	43,7	41	0,819	45,3
42	0,916	43,9	42	0,876	44,9	42	0,812	46,6
43	0,911	45,1	43	0,870	46,1	43	0,804	48,0
44	0,906	46,2	44	0,863	47,4	44	0,796	49,3
45	0,901	47,4	45	0,857	48,6	45	0,788	50,7
46	0,896	48,6	46	0,850	49,9	46	0,779	52,1
47	0,891	49,8	47	0,843	51,2	47	0,771	53,5
48	0,885	51,0	48	0,836	52,5	48	0,763	54,9
49	0,879	52,3	49	0,828	53,8	49	0,755	56,4
50	0,874	53,5	50	0,821	55,2	50	0,746	57,9
51	0,867	54,8	51	0,813	56,6	51	0,738	59,4
52	0,861	56,0	52	0,806	57,9	52	0,730	60,9
53	0,855	57,3	53	0,798	59,3	53	0,721	62,4
54	0,848	58,6	54	0,790	60,7	54	0,713	63,9
55	0,841	60,0	55	0,782	62,2	55	0,705	65,5
56	0,834	61,3	56	0,774	63,6	56	0,696	67,1
57	0,827	62,7	57	0,765	65,2	57	0,688	68,7
58	0,820	64,0	58	0,757	66,7	58	0,679	70,4
59	0,812	65,5	59	0,749	68,2	59	0,671	72,0
60	0,805	66,9	60	0,740	69,7	60	0,663	73,7
61	0,797	68,3	61	0,731	71,3	61	0,654	75,4
62	0,789	69,8	62	0,723	72,9	62	0,646	77,1
63	0,781	72,3	63	0,714	74,6	63	0,638	78,9
64	0,773	72,8	64	0,705	76,2	64	0,630	80,6
65	0,764	74,4	65	0,696	77,9	65	0,622	82,4
66	0,756	75,9	66	0,688	79,6	66	0,614	84,2
67	0,747	77,5	67	0,679	81,3	67	0,605	86,1
68	0,739	79,1	68	0,670	83,1	68	0,598	87,9
69	0,730	80,8	69	0,661	84,9	69	0,590	89,8
70	0,721	82,4	70	0,652	86,7	70	0,582	91,8
71	0,712	84,1	71	0,643	88,5	71	0,574	93,7
72	0,703	85,9	72	0,635	90,4	72	0,566	95,7
73	0,694	87,6	73	0,626	92,3	73	0,559	97,6
74	0,685	89,4	74	0,617	94,2	74	0,551	99,7
75	0,676	91,2	75	0,608	96,2	75	0,544	101,7
76	0,667	93,1	76	0,600	98,1	76	0,536	103,8
77	0,658	94,9	77	0,591	100,2	77	0,529	105,9
78	0,649	96,8	78	0,583	102,2	78	0,522	108,0
79	0,640	98,9	79	0,574	104,3	79	0,519	109,7
80	0,631	100,7	80	0,566	106,3	80	0,508	112,2
81	0,622	102,7	81	0,558	108,4	81	0,501	114,4
82	0.613	104,7	82	0,549	110,7	82	0,494	116,7

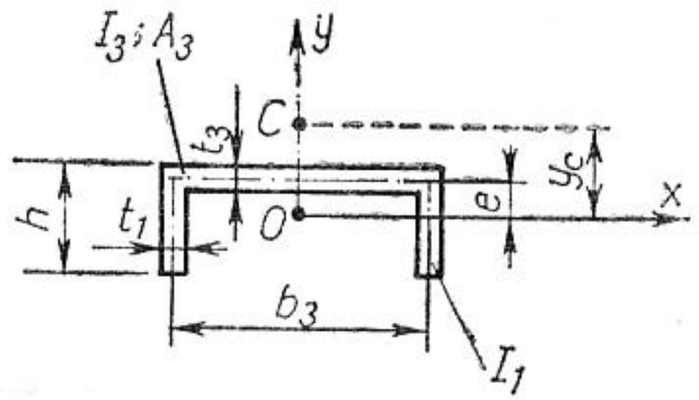
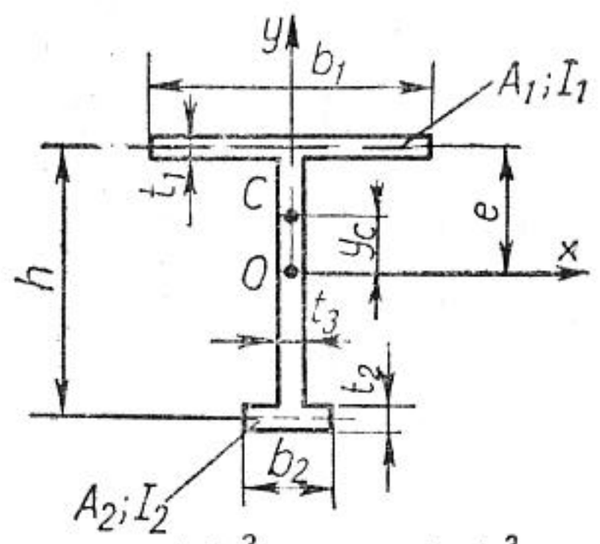
Tabelul 3.41 (continuare)

Coeficienți φ, ξ pentru oțel OL 52, pe curbele:								
A			*B*			*C*		
λ	φ	ξ	λ	φ	ξ	λ	φ	ξ
83	0,604	106,8	83	0,541	112,8	83	0,487	118,9
84	0,595	108,9	84	0,533	115,1	84	0,480	121,2
85	0,587	110,9	85	0,525	117,3	85	0,474	123,7
86	0,578	113,1	86	0,517	119,6	86	0,467	125,8
87	0,569	115,3	87	0,510	121,8	87	0,461	128,1
88	0,561	117,5	88	0,502	124,2	88	0,454	130,6
89	0,553	119,7	89	0,495	126,5	89	0,448	133,0
90	0,544	122,0	90	0,487	129,0	90	0,442	135,4
91	0,536	124,3	91	0,480	131,3	91	0,436	137,8
92	0,528	126,6	92	0,473	133,8	92	0,430	140,3
93	0,520	129,0	93	0,465	136,4	93	0,424	142,8
94	0,512	131,4	94	0,459	138,7	94	0,418	145,4
95	0,504	133,8	95	0,452	141,3	95	0,413	147,8
96	0,497	136,2	96	0,445	143,9	96	0,407	150,5
97	0,489	138,7	97	0,438	146,6	97	0,401	153,2
98	0,482	141,2	98	0,432	149,1	98	0,396	155,7
99	0,474	143,8	99	0,425	151,9	99	0,391	158,3
100	0,467	146,3	100	0,419	154,5	100	0,385	161,2
101	0,460	148,9	101	0,413	157,2	101	0,380	163,8
102	0,453	151,5	102	0,407	159,9	102	0,375	166,6
103	0,446	154,2	103	0,401	162,7	103	0,370	169,4
104	0,440	156,8	104	0,395	165,5	104	0,365	172,1
105	0,433	159,6	105	0,389	168,4	105	0,360	175,0
106	0,427	162,2	106	0,383	171,3	106	0,355	177,9
107	0,420	165,1	107	0,377	174,3	107	0,351	180,6
108	0,414	167,8	108	0,372	177,1	108	0,346	183,6
109	0,408	170,4	109	0,367	179,9	109	0,341	186,7
110	0,402	173,5	110	0,361	183,1	110	0,337	189,5
111	0,396	176,4	111	0,356	186,0	111	0,332	192,6
112	0,390	179,3	112	0,351	189,0	112	0,328	195,6
113	0,384	182,4	113	0,346	192,1	113	0,324	198,5
114	0,379	185,2	114	0,341	195,2	114	0,320	201,5
115	0,373	188,3	115	0,336	198,4	115	0,315	204,9
116	0,368	191,2	116	0,331	201,6	116	0,311	208,0
117	0,362	194,5	117	0,327	204,6	117	0,307	211,2
118	0,357	197,5	118	0,322	207,9	118	0,303	214,4
119	0,352	200,6	119	0,318	211,0	119	0,299	217,6
120	0,347	203,7	120	0,313	214,5	120	0,296	220,6
121	0,342	206,9	121	0,309	217,7	121	0,292	223,9
122	0,337	210,2	122	0,305	220,9	122	0,288	227,3
123	0,333	213,2	123	0,300	224,6	123	0,285	230,4
124	0,328	216,5	124	0,296	227,9	124	0,281	233,9
125	0,323	219,9	125	0,292	231,3	125	0,278	237,1
126	0,319	223,1	126	0,288	234,8	126	0,274	240,1
127	0,315	226,3	127	0,284	238,3	127	0,271	243,9
128	0,310	229,9	128	0,281	241,5	128	0,267	247,7
129	0,306	233,2	129	0,277	245,1	129	0,264	251,1
130	0,302	236,6	130	0,273	248,8	130	0,261	254,5
131	0,298	240,0	131	0,270	252,1	131	0,258	257,9
132	0,294	243,4	132	0,266	255,9	132	0,254	261,9
133	0,290	246,9	133	0,263	259,3	133	0,251	265,5
134	0,286	250,6	134	0,259	263,3	134	0,248	269,1
135	0,282	254,2	135	0,256	266,8	135	0,245	272,7
136	0,278	257,9	136	0,252	270,9	136	0,242	276,5
137	0,275	261,3	137	0,249	274,5	137	0,240	279,6
138	0,271	265,1	138	0,246	278,2	138	0,237	283,5
139	0,268	268,5	139	0,243	282,0	139	0,234	287,3
140	0,264	272,5	140	0,240	285,8	140	0,231	291,3
141	0,261	276,0	141	0,237	289,6	141	0,228	295,3

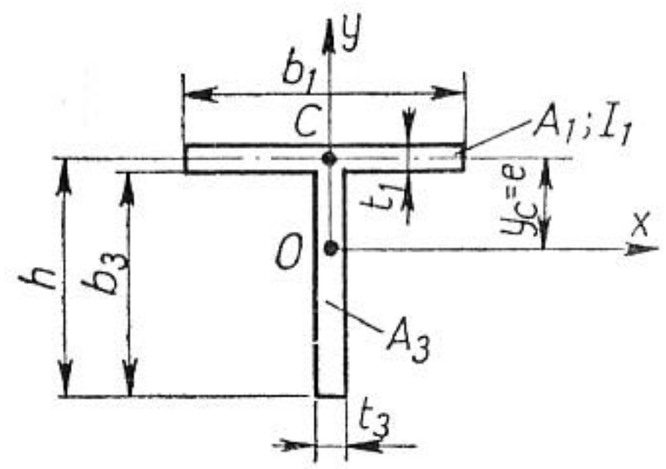
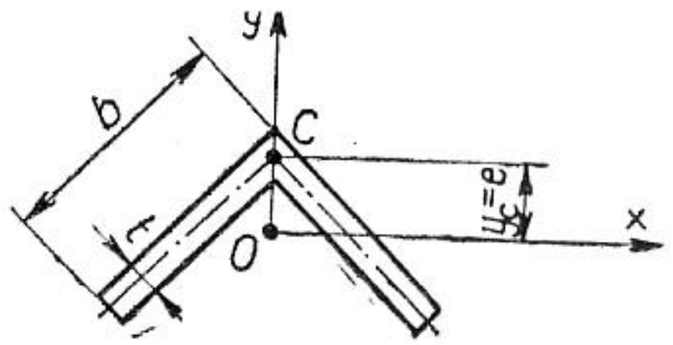
Tabelul 3.41 (continuare)

Coeficienți φ, ξ pentru oțel OL 52, pe curbele:								
A			*B*			*C*		
λ	φ	ξ	λ	φ	ξ	λ	φ	ξ
142	0,257	280,1	142	0,234	293,5	142	0,226	298,7
143	0,254	283,7	143	0,231	297,5	143	0,223	302,8
144	0,251	287,4	144	0,228	301,6	144	0,221	306,3
145	0,248	291,2	145	0,225	305,7	145	0,218	310,6
146	0,245	295,0	146	0,223	309,2	146	0,216	314,1
147	0,242	298,8	147	0,220	313,4	147	0,213	318,5
148	0,239	302,7	148	0,217	317,7	148	0,211	322,2
149	0,236	306,7	149	0,214	322,1	149	0,208	326,7
150	0,233	310,8	150	0,212	325,8	150	0,206	330,5
151	0,230	314,9	151	0,209	330,3	151	0,204	334,3
152	0,227	319,0	152	0,207	334,1	152	0,201	339,0
153	0,224	323,3	153	0,204	338,7	153	0,199	343,0
154	0,222	326,8	154	0,202	342,6	154	0,197	347,0
155	0,219	331,2	155	0,200	331,2	155	0,195	351,0
156	0,217	334,8	156	0,197	315,5	156	0,193	355,1
157	0,214	339,4	157	0,195	355,5	157	0,191	359,2
158	0,211	343,9	158	0,193	359,6	158	0,188	364,4
159	0,209	347,8	159	0,191	363,8	159	0,186	368,7
160	0,207	351,7	160	0,189	368,0	160	0,184	373,0
161	0,204	356,5	161	0,186	373,3	161	0,182	377,4
162	0,202	360,4	162	0,184	377,7	162	0,181	380,8
163	0,199	365,4	163	0,182	382,1	163	0,179	385,3
164	0,197	369,5	164	0,180	386,6	164	0,177	389,8
165	0,195	373,7	165	0,178	391,1	165	0,175	394,4
166	0,193	377,9	166	0,176	395,7	166	0,173	399,1
167	0,191	382,1	167	0,174	400,4	167	0,171	403,8
168	0,188	387,5	168	0,172	405,1	168	0,169	408,7
169	0,186	391,9	169	0,170	409,9	169	0,168	412,3
170	0,184	396,3	170	0,168	414,8	170	0,166	417,2
171	0,182	400,8	171	0,167	418,4	171	0,164	422,3
172	0,180	405,4	172	0,165	423,4	172	0,163	426,0
173	0,178	410,0	173	0,163	428,5	173	0,161	431,2
174	0,176	414,8	174	0,161	433,6	174	0,159	436,4
175	0,174	419,5	175	0,160	437,5	175	0,158	440,3
176	0,173	429,1	176	0,158	442,8	176	0,156	445,6
177	0,171	428,0	177	0,156	448,1	177	0,154	451,0
178	0,169	433,0	178	0,155	452,1	178	0,153	455,1
179	0,167	438,0	179	0,153	457,6	179	0,151	460,6
180	0,165	443,1	180	0,151	463,2	180	0,150	464,8
181	0,164	446,9	181	0,150	467,3	181	0,148	470,5
182	0,162	452,2	182	0,148	473,1	182	0,147	474,7
183	0,160	457,5	183	0,147	477,3	183	0,146	478,9
184	0,159	461,4	184	0,145	483,2	184	0,144	484,9
185	0,157	466,9	185	0,144	487,5	185	0,143	489,2
186	0,155	472,4	186	0,142	493,6	186	0,141	495,3
187	0,154	476,5	187	0,141	498,0	187	0,140	499,8
188	0,152	482,2	189	0,139	504,3	188	0,139	504,3
189	0,151	486,4	189	0,138	508,7	189	0,137	510,6
190	0,149	492,2	190	0,137	513,3	190	0,136	515,2
191	0,148	496,5	191	0,135	519,8	181	0,135	519,8
192	0,146	502,5	192	0,134	524,5	192	0,134	524,5
193	0,145	506,8	193	0,133	529,2	193	0,132	531,2
194	0,143	513,0	194	0,131	530,0	194	0,131	536,0
195	0,142	517,5	195	0,130	540,8	195	0,130	540,8
196	0,141	522,0	196	0,129	545,7	196	0,129	545,7
197	0,139	528,4	197	0,128	550,6	197	0,127	552,8
198	0,138	533,0	198	0,126	557,8	198	0,126	557,8
199	0,136	539,6	199	0,125	562,9	199	0,125	562,9
200	0,135	544,3	200			200	0,124	568,0

Secţiuni cu o axă de simetrie; caracteristici necesare verificării de stabilitate

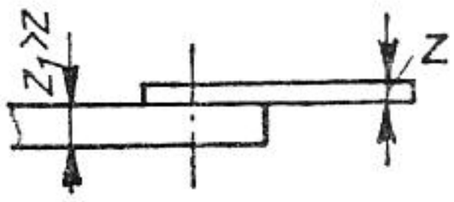
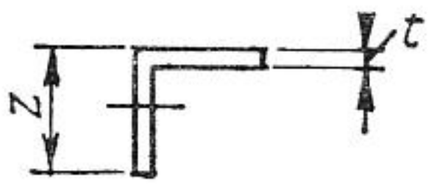
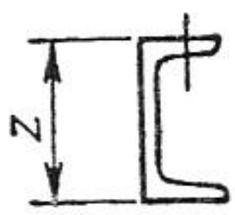
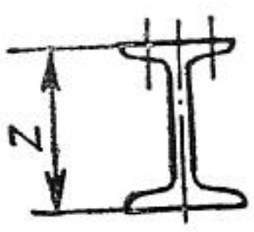
Profilul	y_c	r_x	I_ω
 $I_1 = h\,t_1\left(\frac{b_3}{2}\right)^2 \;;\; I_3 = \frac{t_3 b_3^3}{12}$ $I_y = 2I_1 + I_3$	$e + \frac{I_1}{I_y}\,h$	$\frac{1}{I_x}\left[e(A_3e^2+I_3)+(2e-h)I_1+\frac{t_1}{2}\,e^4-\frac{t_1}{2}\,(h-e)^4\right]$	$\frac{h^2}{3}\,\frac{I_1^2+2I_1I_3}{I_y}$
 $I_1 = \frac{t_1 b_1^3}{12} \;;\; I_2 = \frac{t_2 b_2^3}{12}$ $I_y = I_1 + I_2$	$\frac{1}{I_y}\left[eI_1-(h-e)I_2\right]$	$\frac{1}{I_x}\left[y_cI_y+A_1e^3-A_2(h-e)^3+\frac{t_3}{4}\,e^4-\frac{t_3}{4}\,(h-e)^4\right]$	$\frac{I\cdot I_2}{I_1+I_2}\,h^2$

Tabelul 3.42 (continuare)

Profilul	y_c	r_x	I_ω
 $A = A_1 + A_3$	$\frac{b_3 t_3}{2A}(b_3+t_1)$	$\frac{1}{I_x}\left[y_c I_y + A_1 e^3 + \frac{t_3}{4}e^4 - \frac{t_3}{4}(h-e)^4\right]$	$\frac{(b_1 t_1)^3}{144} + \frac{(ht_3)^3}{36}$
	$\frac{b}{4}\sqrt{2}$	$-\frac{b}{2}\sqrt{2}$	$\frac{(bt)^3}{18}$

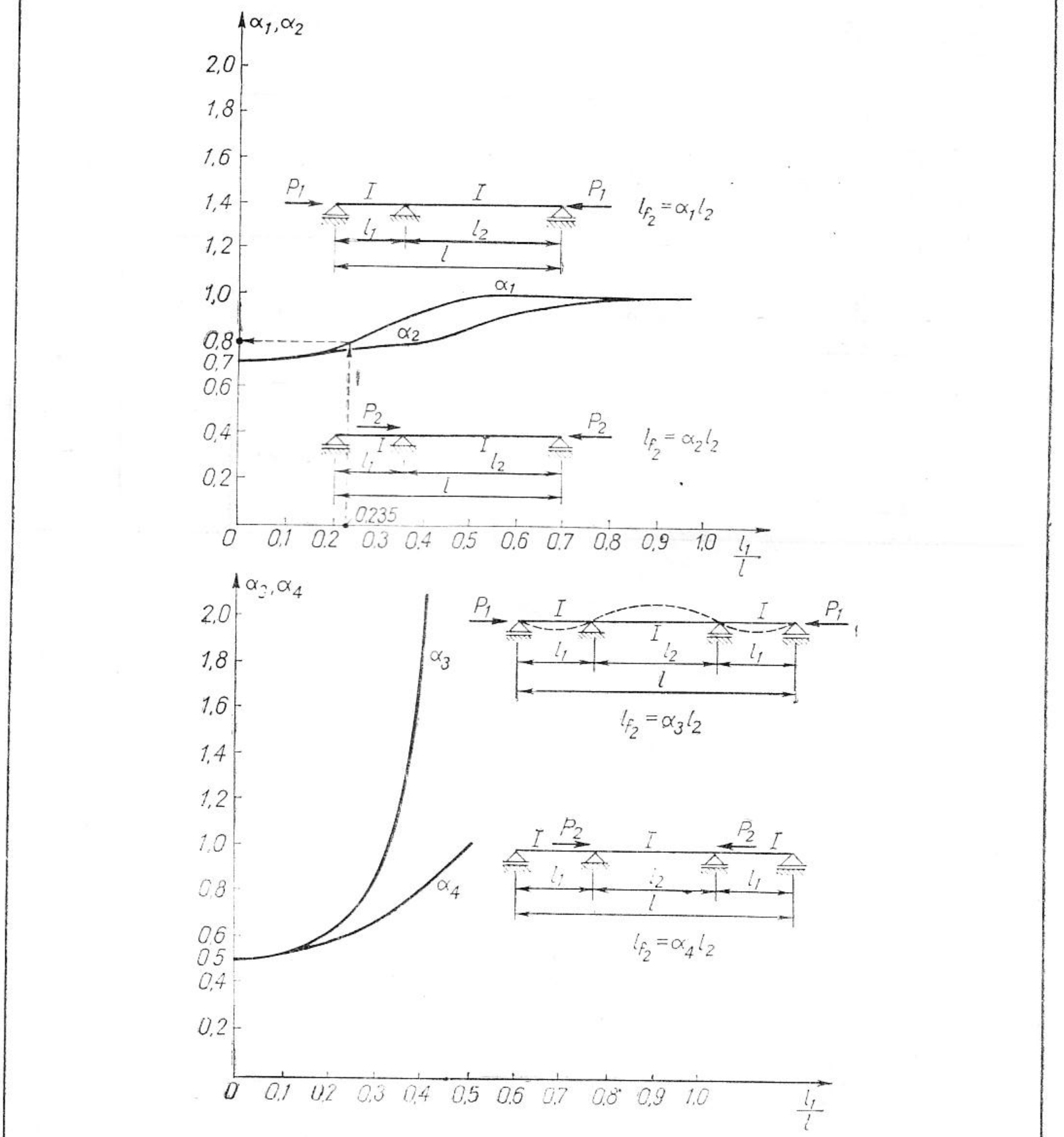
Tabelul 3.43

Diametre maxime de nituri folosite la nituirea tablelor și profilelor

Elementul care se îmbină	Diametrul maxim de nit d în funcție de valoarea z					
	d=13 mm	17	21	23	25	28
	4—6	7—8	9—12	10—14	13—18	> 18
	⩾ 45	⩾ 60	⩾ 70	⩾ 80	⩾ 90	⩾140
	⩾ 80	⩾120	⩾160	⩾200	⩾240	—
	⩾180	⩾240	⩾300	⩾360	—	—

Tabelul 3.44

Lungimi de flambaj la bare cu reazeme intermediare și moment de inerție constant

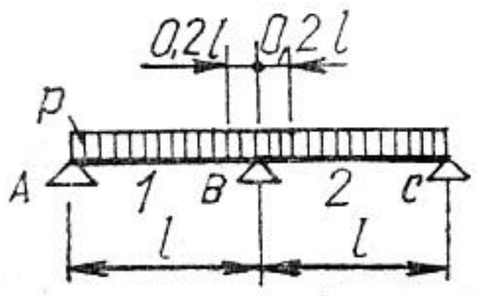
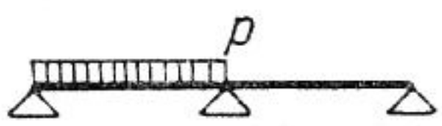
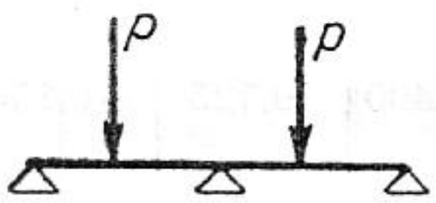
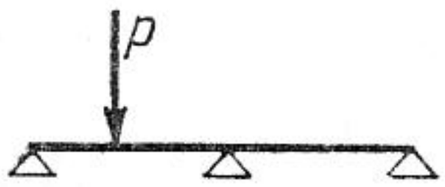
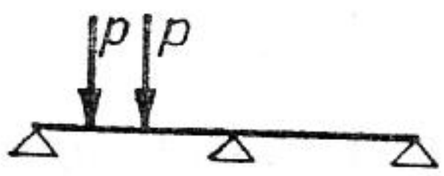


ANEXA 4

ELEMENTE PENTRU CALCULUL STATIC AL CONSTRUCȚIILOR

Tabelul 4.1

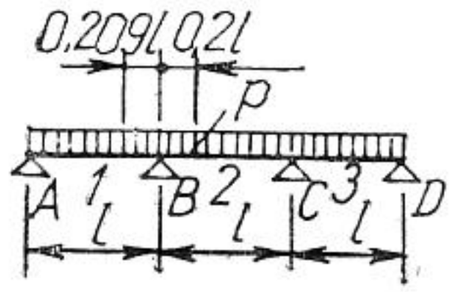
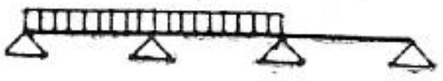
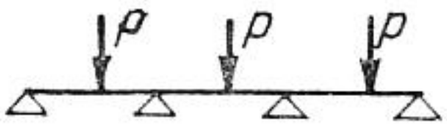
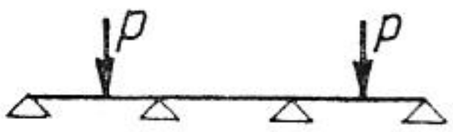
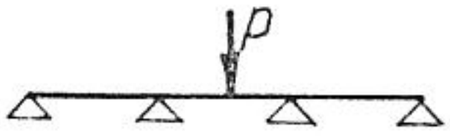
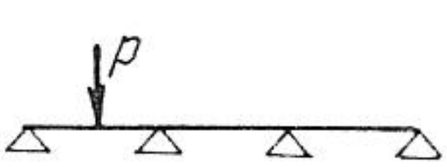
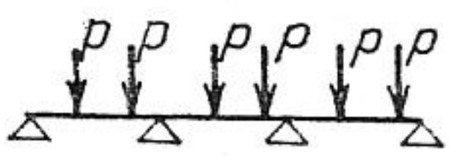
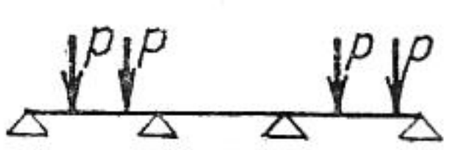
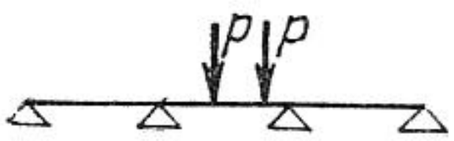
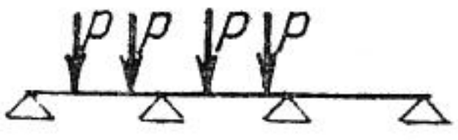
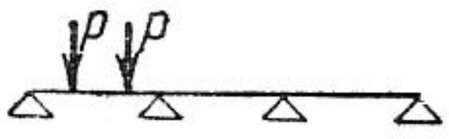
Grinzi cu două deschideri; calculul momentelor și reacțiunilor

Nr. crt.	Ipoteza de încărcare	Momente de cîmp maxime		Momente de reazem	Reacțiuni		
		M_1	M_2	M_B	V_A	V_B	V_C
1		0,070	0,070	−0,125	0,375	1,250	0,375
2		0,096	—	−0,063	0,437	0,625	−0,063
3		0,156	0,156	−0,188	0,312	1,376	0,312
4		0,203	—	−0,094	0,406	0,688	−0,094
5		0,222	0,222	−0,333	0,667	2,667	0,667
6		0,278	—	−0,167	0,833	1,334	−0,167

— Pentru forțe concentrate: $M = k \cdot P \cdot l$; $V = k \cdot P$
— Pentru încărcări uniform distribuite: $M = k \cdot p \cdot l^2$; $V = k \cdot p \cdot l$

Tabelul 4.2

Grinzi cu trei deschideri; calculul momentelor și reacțiunilor

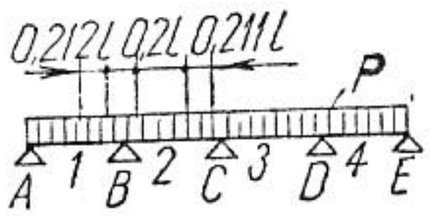
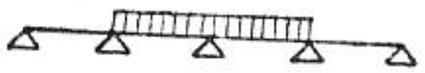
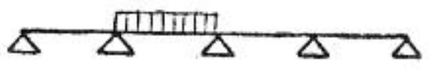
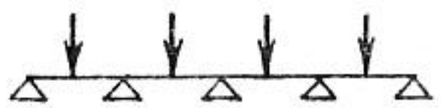
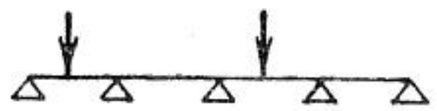
Nr. crt.	Ipoteza de încărcare	Momente de cîmp, maxime		Momente de reazem		Reacțiuni			
		M_1	M_2	M_B	M_C	V_A	V_B	V_C	V_D
1		0,080	0,025	−0,100	−0,100	0,400	1,100	1,100	0,400
2		0,101	−0,050	−0,050	−0,050	0,450	0,550	0,550	0,450
3		—	0,075	−0,050	−0,050	−0,050	0,550	0,550	−0,050
4		0,073	0,055	−0,117	−0,033	0,383	1,200	0,450	−0,033
5		0,094	—	−0,067	0,017	0,433	0,650	−0,100	0,017
6		0,175	0,100	−0,150	−0,150	0,350	1,150	1,150	0,350
7		0,213	−0,075	−0,075	−0,075	0,425	0,575	0,575	0,425
8		—	0,175	−0,075	−0,075	−0,075	0,575	0,575	−0,075
9		0,163	0,138	−0,175	−0,050	0,325	1,300	0,425	−0,050
10		0,200	—	−0,100	0,025	0,400	0,725	−0,150	0,025
11		0,244	0,067	−0,267	−0,267	0,733	2,267	2,267	0,733
12		0,289	−0,133	−0,133	−0,133	0,866	1,133	1,133	0,866
13		−0,044	0,200	−0,133	−0,133	−0,133	1,133	1,133	−0,133
14		0,230	0,170	−0,311	−0,089	0,689	2,533	0,867	−0,089
15		0,274	—	−0,178	0,044	0,822	1,400	−0,206	0,044

— Pentru forțe concentrate: $M = k \cdot P \cdot l$; $V = k \cdot P$

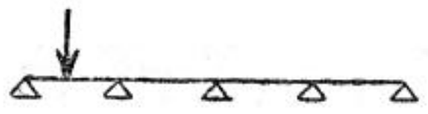
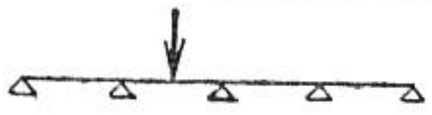
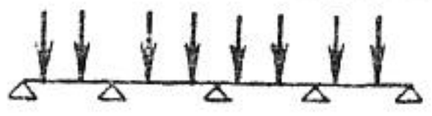
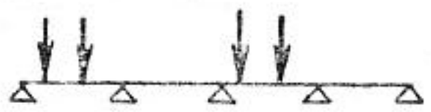
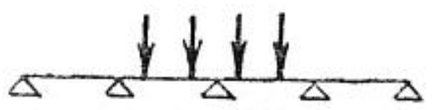
— Pentru încărcări uniform distribuite: $M = k \cdot p \cdot l^2$; $V = k \cdot p \cdot l$

Tabelul 4.3

Grinzi cu patru deschideri; calculul momentelor și reacțiunilor

Nr. crt.	Ipoteza de incărcare	Momente de cîmp, maxime				Momente de reazem			Reacțiuni				
		M_1	M_2	M_3	M_4	M_B	M_C	M_D	V_A	V_B	V_C	V_D	V_E
1		0,077	0,036	0,036	0,077	−0,107	−0,071	−0,107	0,393	1,143	0,929	1,143	0,393
2		0,100	—	0,081	—	0,054	−0,036	0,054	0,446	0,572	0,464	0,572	−0,054
3		0,072	0,063	—	0,098	−0,121	−0,018	−0,058	0,380	1,223	0,357	0,598	0,442
4		—	0,056	0,056	—	−0,036	−0,107	−0,036	−0,036	0,465	1,143	0,465	−0,036
5		0,094	—	—	—	−0,067	−0,018	−0,004	0,433	0,652	−0,107	0,027	−0,004
6		—	0,064	—	—	−0,049	−0,054	0,013	−0,049	0,545	0,571	−0,080	0,013
7		0,169	0,116	0,116	0,169	−0,161	−0,107	−0,161	0,339	1,214	0,892	1,214	0,339
8		0,210	—	0,183	—	−0,080	−0,054	−0,080	0,420	0,607	0,446	0,607	−0,080
9		0,160	0,146	—	0,207	−0,181	0,027	−0,087	0,319	1,335	0,286	0,647	0,413

Tabelul 4.3 (continuare)

Nr. crt.	Ipoteza de încărcare	Momente de cîmp, maxime				Momente de reazem			Reacțiuni				
		M_1	M_2	M_3	M_4	M_B	M_C	M_D	V_A	V_B	V_C	V_D	V_E
10		—	0,142	0,142	—	−0,054	−0,161	−0,054	−0,054	0,446	1,214	0,446	−0,054
11		0,200	—	—	—	−0,100	0,027	−0,007	0,400	0,728	−0,161	0,040	−0,007
12		—	0,173	—	—	−0,074	−0,080	0,020	−0,074	0,567	0,607	−0,121	0,020
13		0,238	0,111	0,111	0,238	−0,286	−0,191	−0,286	0,714	2,381	1,810	2,381	0,714
14		0,286	—	0,222	—	−0,143	−0,095	−0,143	0,857	1,190	0,904	1,191	−0,143
15		0,226	0,194	—	0,282	−0,321	−0,048	−0,155	0,679	2,595	0,619	1,262	0,845
16		—	0,175	0,175	—	−0,095	−0,286	−0,095	−0,095	0,905	2,381	0,905	−0,095
17		0,274	—	—	—	−0,178	0,048	−0,012	0,821	1,405	−0,286	0,071	−0,012
18		—	0,198	—	—	−0,131	−0,143	0,036	−0,131	1,119	1,190	−0,214	0,036

— Pentru forțe concentrate: $M = k \cdot P \cdot l$; $V = k \cdot P$
— Pentru încărcări uniform distribuite: $M = k \cdot p \cdot l^2$; $V = k \cdot p \cdot l$

Tabelul 4.4

Grinzi cu cinci deschideri; calculul momentelor și forțelor tăietoare

Numărul de ordine al secțiunilor $n=10\frac{x}{l}$	Momente încovoietoare			Forțe tăietoare (reacțiuni)		
	Sarcini permanente g, a	Sarcini utile p, b		Sarcini permanente d	Sarcini utile, e	
		+	−		+	−
0	0	0	0	+0,395	+0,447	−0,053
1	0,0345	+0,0397	−0,0053	+0,295	+0,354	−0,059
2	0,0589	695	105	+0,195	+0,273	−0,078
3	0,0734	892	158	+0,095	+0,204	−0,109
4	0,0779	989	211	−0,005	+0,147	−0,152
5	0,0724	987	263	−0,105	+0,102	0,207
6	0,0568	884	316	−0,205	+0,067	−0,272
7	0,0313	682	368	−0,305	+0,042	−0,347
8	−0,0042	381	423	−0,405	+0,026	−0,431
9	−0,0497	183	680	−0,505	+0,017	−0,522
10	−0,1053	144	1 196	−0,605 (+1,132) +0,526	+0,014 (+1,218) +0,598	−0,620 (−0,085) −0,072
11	−0,0576	140	717	+0,426	+0,502	−0,076
12	−0,0200	300	300	+0,326	+0,414	−0,088
13	+0,0076	563	487	+0,226	+0,336	−0,110
14	+0,0253	726	474	+0,126	+0,270	0,143
15	+0,0329	789	461	+0,026	+0,215	−0,188
16	+0,0305	753	447	−0,074	+0,171	−0,245
17	+0,0182	616	434	−0,174	+0,139	−0,318
18	−0,0042	389	432	−0,274	+0,118	−0,392
19	−0,0366	280	646	−0,374	+0,106	−0,480
20	−0,0789	323	1 112	−0,474 (+0,974) +0,500	+0,103 (+1,168) +0,591	−0,577 (−0,214) −0,091
21	−0,0339	293	633	+0,400	+0,494	−0,094
22	+0,0011	416	405	+0,300	+0,406	−0,106
23	+0,0261	655	395	+0,200	+0,328	−0,128
24	+0,0411	805	395	+0,100	+0,260	−0,160
25	+0,0461	855	395	0	+0,205	−0,205

Observație. Coeficienții d și e din paranteză servesc la determinarea reacțiunilor

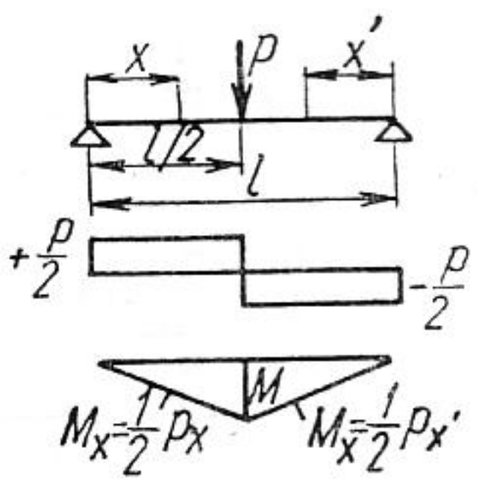
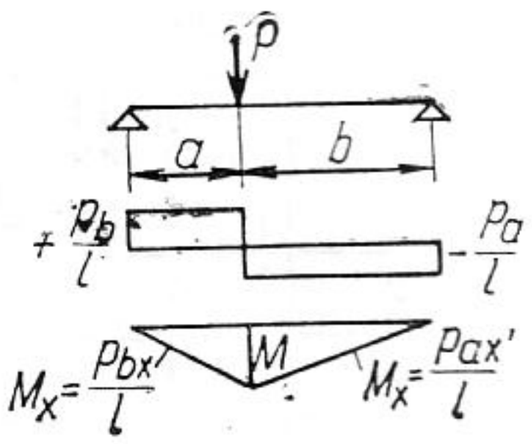
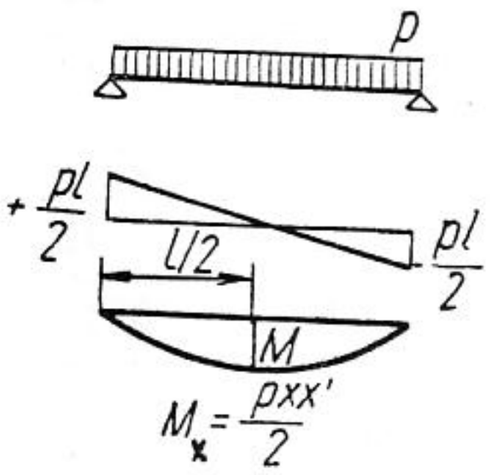
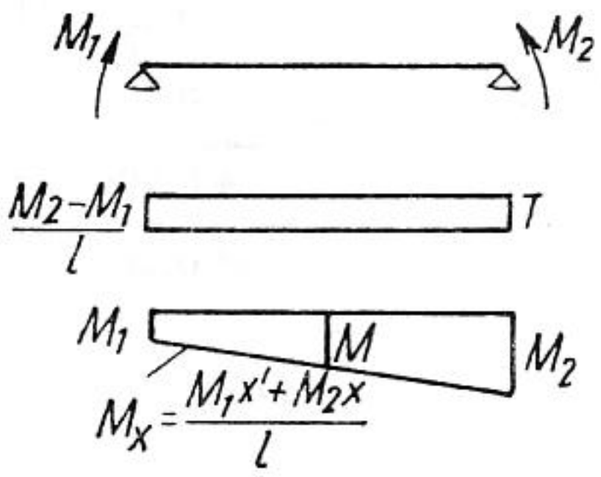
$$M=agl^2+bpl^2$$

$$T=dgl+epl$$

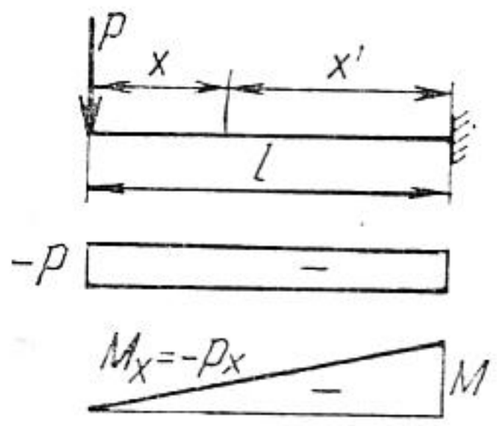
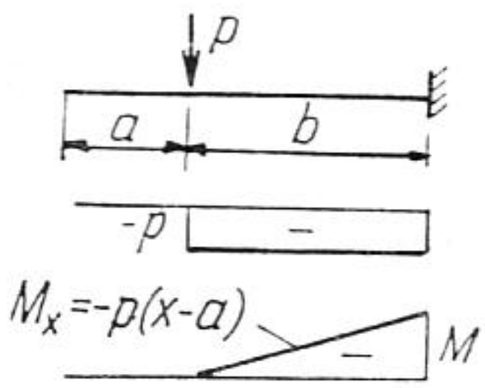
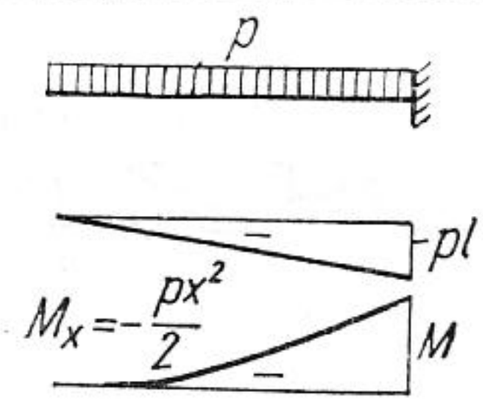
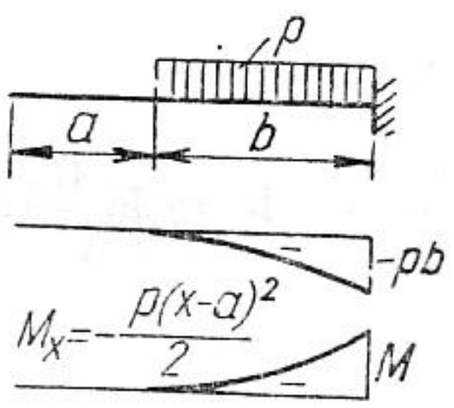
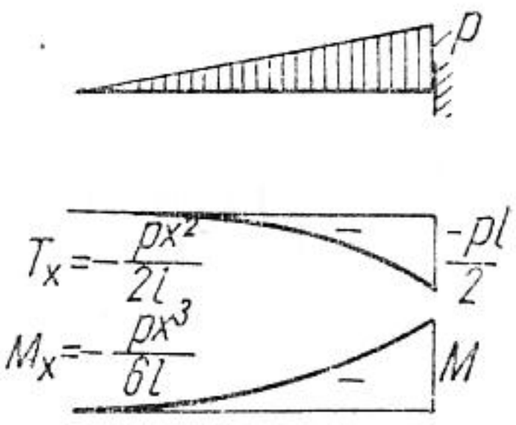
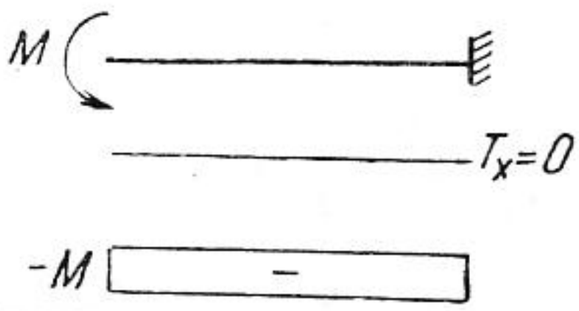
M → KN·m
l → m
I → cm⁴
⇒ f → cm

Tabelul 4.5

Grinzi simplu rezemate; calculul săgeților

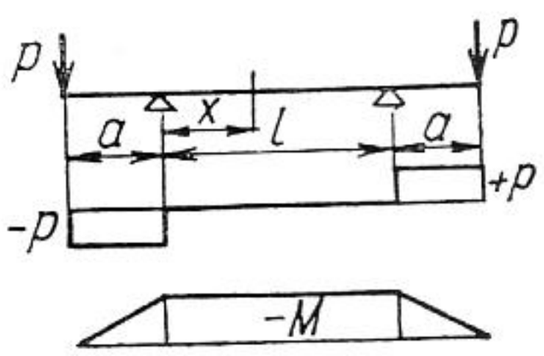
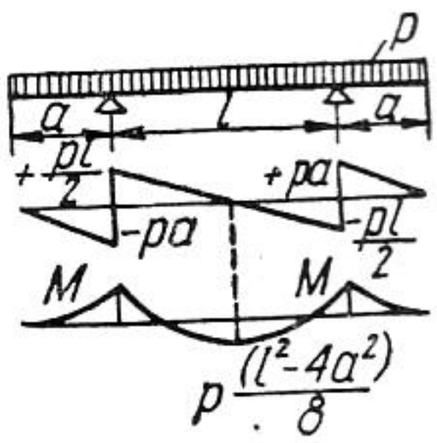
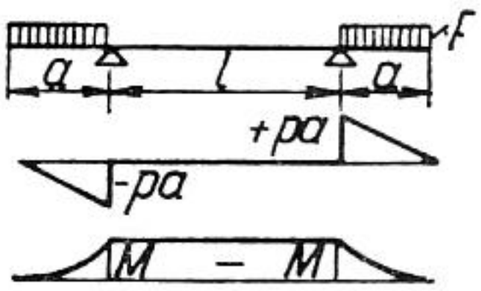
Nr. crt.	Încărcări diagrame T, M	Momentul încovoietor maxim M	Săgeata $f = \frac{Ml^2\alpha}{10I}$
			α
1		$\frac{Pl}{4}$	39,68
2		$\frac{Pab}{l}$	$29{,}76\ \frac{l}{b} - 39{,}68\ \frac{a^2}{lb}$
		$\frac{2Pl}{9}$ pentru $a = \frac{l}{3}$	38,03
		$\frac{3Pl}{16}$ pentru $a = \frac{l}{4}$	36,38
		$\frac{5Pl}{36}$ pentru $a = \frac{l}{6}$	34,39
3		$\frac{pl^2}{8}$	49,60
4		$\frac{M_1 + M_2}{2}$ pentru $x = \frac{l}{2}$	59,52

Grinzi consolă; calculul săgeților

Nr. crt.	Încărcări diagrame T, M	Momentul încovoietor maxim M	Săgeata $f = \frac{Ml^2\alpha}{10I}$ α
1		$-Pl$	158,7
2		$-Pb$ $-P\frac{l}{2}$ pentru $a=\frac{l}{2}$	$158,7\frac{b^2}{l^2}+238,1\frac{ab}{l^2}$ 99,21
3		$\frac{-pl^2}{2}$	119,0
4		$\frac{-pb^2}{2}$ $-\frac{pl^2}{8}$ pentru $a=\frac{l}{2}$	$119,0\frac{b^2}{l^2}+158,7\frac{ab}{l^2}$ 69,44
5		$\frac{-pl^2}{6}$	95,24
6		$-M$	238,1

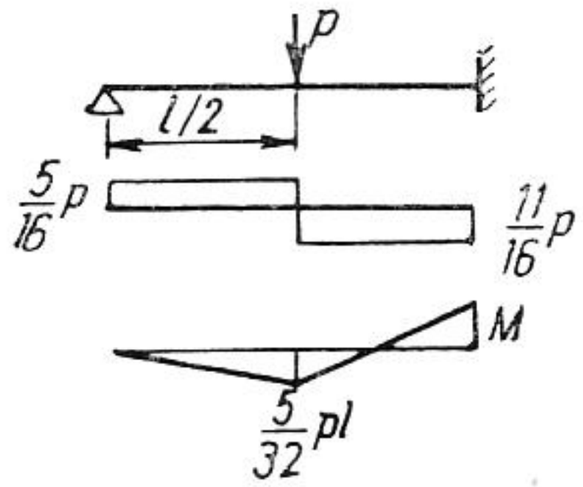
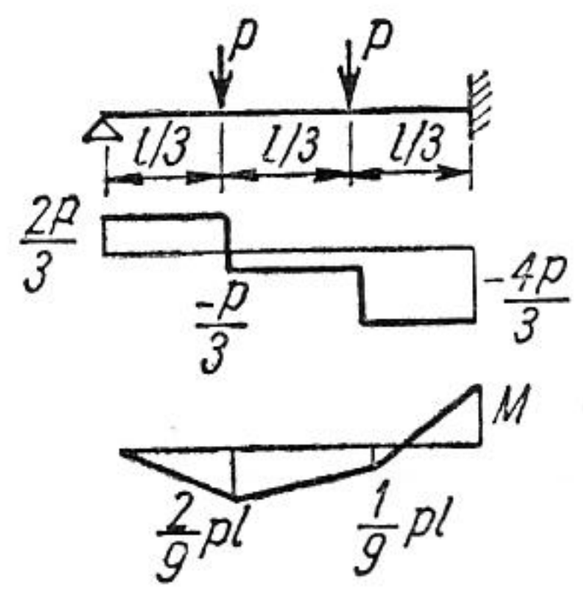
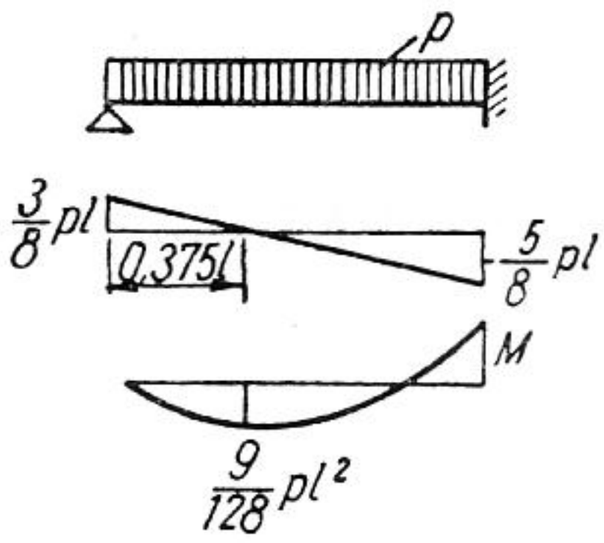
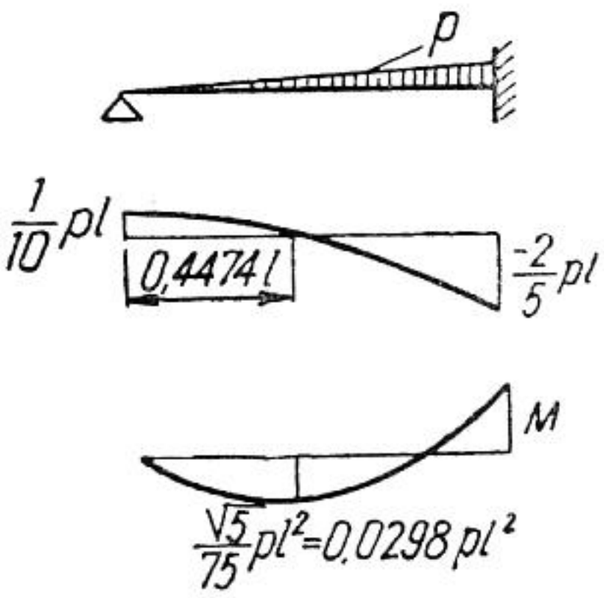
Tabelul 4.7

Grinzi simplu rezemate; cu console; calculul săgeților

Nr. crt.	Încărcări diagrame T, M	Momentul încovoietor maxim M	Săgeata $f=\frac{Ml^2\alpha}{10I}$ α
1		$-Pa$	La capătul consolei $317{,}5\frac{a^2}{l^2}+238{,}1\frac{a}{l}$ Pentru $x=\frac{l}{2}$ $-59{,}52$
2		$-\frac{pa^2}{2}$ Pentru $a<0{,}3536\,l$ $M_{max}=\frac{p(l^2-4a^2)}{8}$	La capătul consolei $-39{,}68\frac{l}{a}+238{,}1\frac{a}{l}+$ $+119{,}0\frac{a^2}{l^2}$ Pentru $x=\frac{l}{2}$ $12{,}40\frac{l^2}{a^2}-59{,}52$
3		$-\frac{pa^2}{2}$	La capătul consolei $238{,}1\frac{a}{l}+119{,}0\frac{a^2}{l^2}$ Pentru $x=\frac{l}{2}$ $-59{,}52$

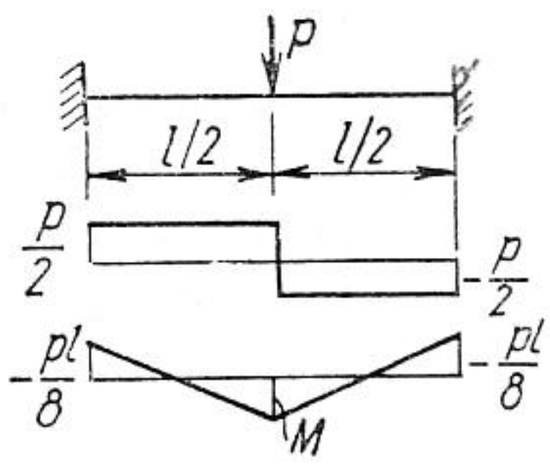
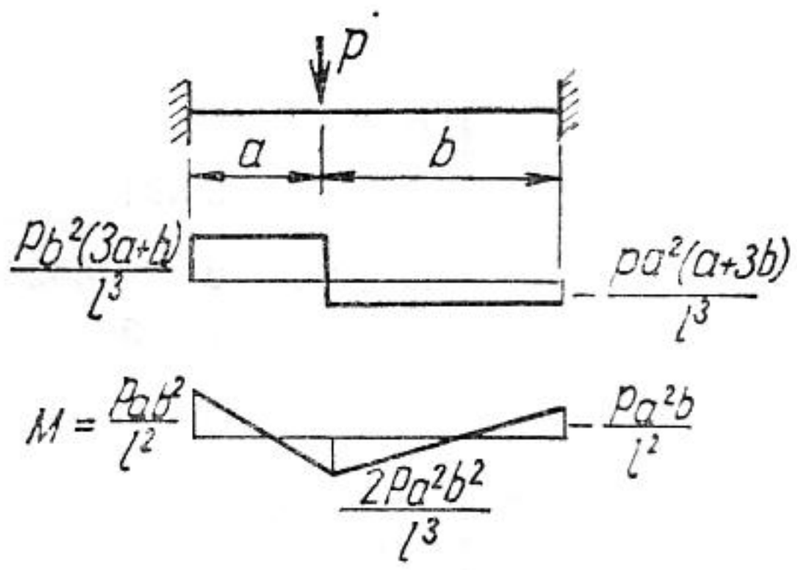
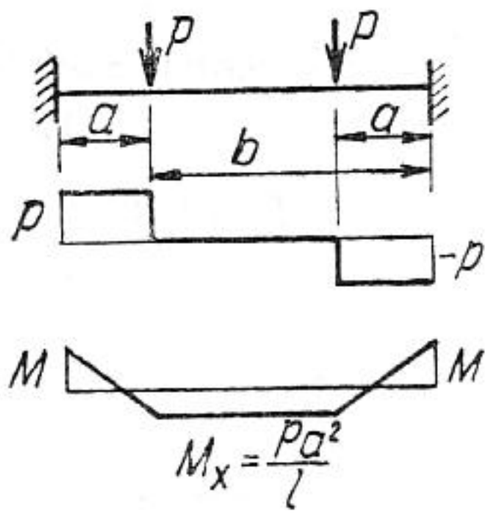
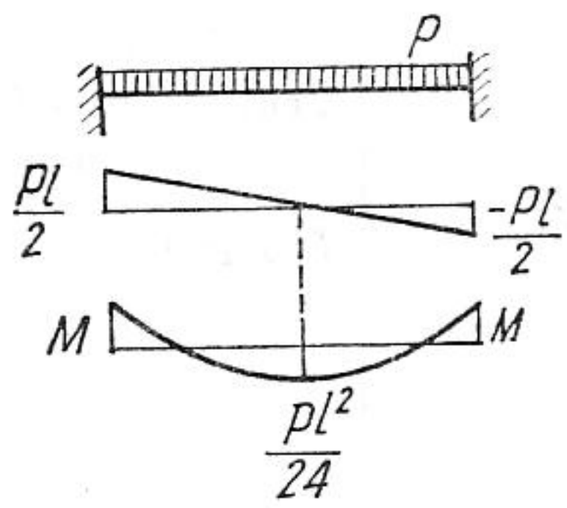
Tabelul 4.8

Grinzi încastrate la un capăt și simplu rezemate la celălalt capăt; calculul săgeților

Nr. crt.	Încărcări, diagrame T, M	Momentul încovoietor maxim M	Săgeata $f=\frac{Ml^2\alpha}{10l}$ — α
1		$-\frac{3Pl}{16}$	Pentru $x=0{,}5\,l$ 23,15 f_{max} pentru $x=0{,}4772\,l$ 23,66
2		$-\frac{1}{3}\,Pl$	Pentru $x=0{,}5\,l$ 20,94 f_{max} pentru $x=0{,}4226\,l$ 21,73
3		$-\frac{1}{8}\,pl^2$	Pentru $x=0{,}5\,l$ 19,84 f_{max} pentru $x=0{,}4215\,l$ 20,65
4		$-\frac{1}{15}\,pl^2$	Pentru $x=0{,}5\,l$ 16,76 f_{max} pentru $x=0{,}4474\,l$ 17,04

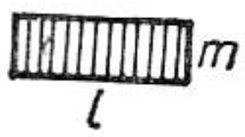
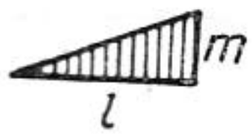
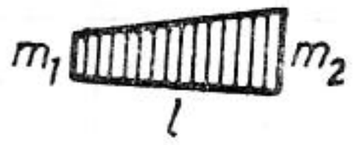
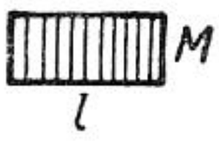
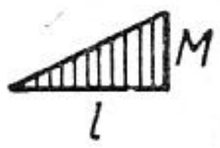
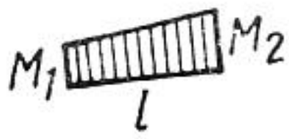
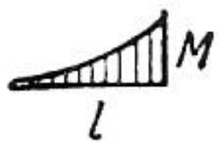
Tabelul 4.9

Grinzi dublu încastrate; calculul săgeților

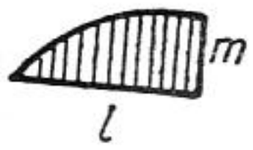
Nr. crt.	Încărcări, diagrame T, M	Momentul încovoietor maxim M	Săgeata $f = \frac{Ml^2\alpha}{10I}$ α
1		$-\frac{Pl}{8}$	19,81
2		$a<b$ $-\frac{Pab^2}{l^2}$	$a<b$ f_{max} pentru $x=\frac{l^2}{a+3b}$ $317{,}5\frac{ab}{(a+3b)^2}$
3		$-\frac{Pab}{l}$ $-\frac{2}{9}Pl$ pentru $a=\frac{l}{3}$	$59{,}52\frac{a}{b}-79{,}36\frac{a^2}{l}$ 16,53
4		$\frac{-pl^2}{12}$	14,84

Tabelul 4.10

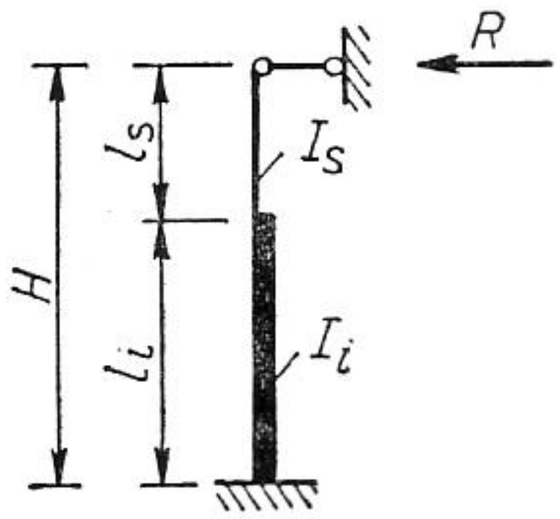
Calculul integralei $\int Mmds$ pentru diferite tipuri de diagrame M și $m\left(f=\int\frac{M\,m\,\mathrm{d}s)}{EI}\right)$

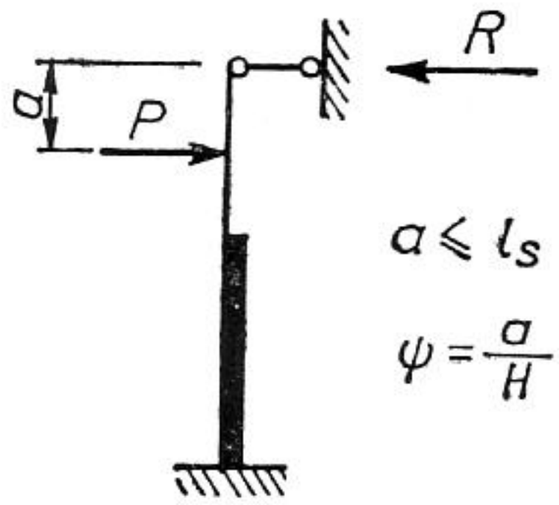
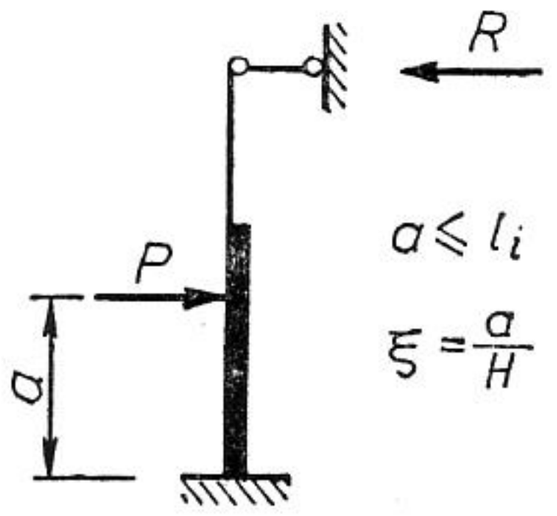
M \ m			
	lMm	$\frac{1}{2}\,lMm$	$\frac{1}{2}\,lM(m_1+m_2)$
	$\frac{1}{2}\,lMm$	$\frac{1}{3}\,lMm$	$\frac{1}{6}\,lM(m_1+2m_2)$
	$\frac{1}{2}\,lMm$	$\frac{1}{6}\,lMm$	$\frac{1}{6}\,lM(2m_1+m_2)$
	$\frac{1}{2}\,l(M_1+M_2)m$	$\frac{1}{6}\,l(M_1+2M_2)m$	$\frac{1}{6}\,l[2M_1m_1+M_1m_2+$ $+M_2m_1+2M_2m_2]$
	$\frac{2}{3}\,lMm$	$\frac{1}{3}\,lMm$	$\frac{1}{3}\,lM(m_1+m_2)$
	$\frac{2}{3}\,lMm$	$\frac{5}{12}\,lMm$	$\frac{1}{12}\,lM(3m_1+5m_2)$
	$\frac{2}{3}\,lMm$	$\frac{1}{4}\,lMm$	$\frac{1}{12}\,lM(5m_1+3m_2)$
	$\frac{1}{3}\,lMm$	$\frac{1}{4}\,lMm$	$\frac{1}{12}\,lM(m_1+3m_2)$
	$\frac{1}{3}\,lMm$	$\frac{1}{12}\,lMm$	$\frac{1}{12}\,lM(3m_1+m_2)$
	$\frac{1}{2}\,lMm$	$\frac{1}{6}\,l(1+\alpha)Mm$	$\frac{1}{6}\,lM[(1+\beta)m_1+$ $+(1+\alpha)m_2]$

Tabelul 4.10 (continuare)

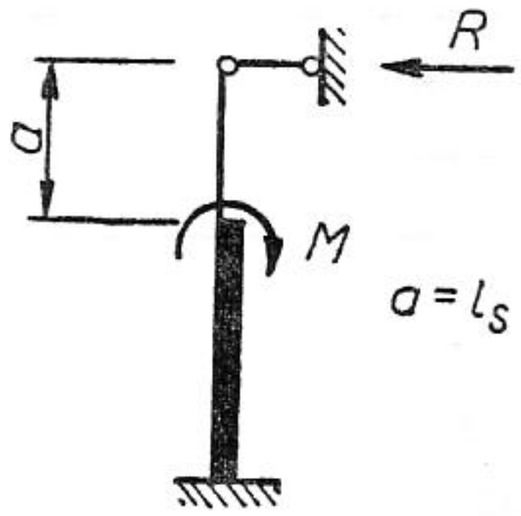
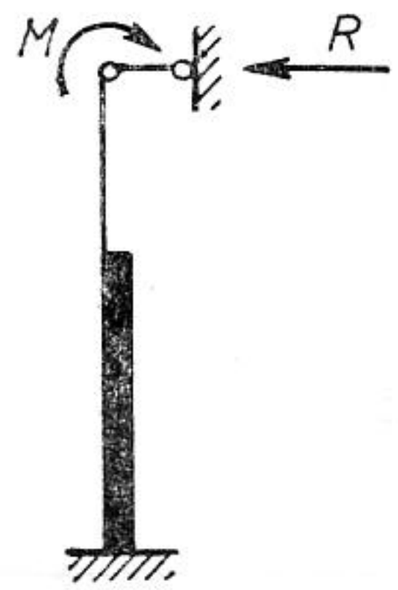
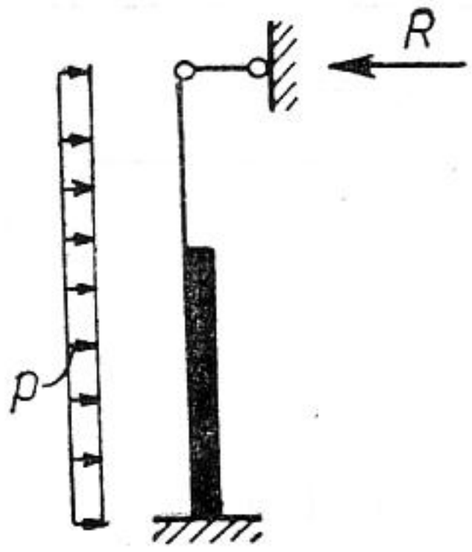
			
$\frac{2}{3}\,lMm$	$\frac{2}{3}\,lMm$	$\frac{1}{3}\,lMm$	$\frac{1}{2}\,lMm$
$\frac{1}{3}\,lMm$	$\frac{5}{12}\,lMm$	$\frac{1}{4}\,lMm$	$\frac{1}{6}\,l(1+\alpha)Mm$
$\frac{1}{3}\,lMm$	$\frac{1}{4}\,lMm$	$\frac{1}{12}\,lMm$	$\frac{1}{6}\,l(1+\beta)Mm$
$\frac{1}{3}\,l(M_1+M_2)m$	$\frac{1}{12}\,l(3M_1+5M_2)m$	$\frac{1}{12}\,l(M_1+3M_2)m$	$\frac{1}{6}\,lm[(1+\beta)M_1+$ $+(1+\alpha)M_2]$
$\frac{8}{15}\,lMm$	$\frac{7}{15}\,lMm$	$\frac{1}{5}\,lMm$	$\frac{1}{3}\,l(1+\alpha\beta)Mm$
$\frac{7}{15}\,lMm$	$\frac{8}{15}\,lMm$	$\frac{3}{10}\,lMm$	$\frac{1}{12}\,l(5-\beta-\beta^2)Mm$
$\frac{7}{15}\,lMm$	$\frac{11}{30}\,lMm$	$\frac{2}{15}\,lMm$	$\frac{1}{12}\,l(5-\alpha-\alpha^2)Mm$
$\frac{1}{5}\,lMm$	$\frac{3}{10}\,lMm$	$\frac{1}{5}\,lMm$	$\frac{1}{12}\,l(1+\alpha+\alpha^2)Mm$
$\frac{1}{5}\,lMm$	$\frac{2}{15}\,lMm$	$\frac{1}{30}\,lMm$	$\frac{1}{12}\,l(1+\beta+\beta^2)Mm$
$\frac{1}{3}\,l(1+\alpha\beta)Mm$	$\frac{1}{12}\,l(5-\beta-\beta^2)Mm$	$\frac{1}{12}\,l(1+\alpha+\alpha^2)Mm$	$\frac{1}{3}\,lMm$

Stîlpi cu secțiunea variabilă cu o singură treaptă; forțe de fixare, rigidități la deplasare de nod, săgeți

Notații	Coeficienți ajutători
1	2
 R-forța de fixare I_i, I_s-momente de inerție	$\beta = \frac{l_s}{H}$; $n = \frac{I_i}{I_s}$ $\alpha_1 = \frac{(n-1)\beta+1}{n}$ $\alpha_2 = \frac{(n-1)\beta^2+1}{n}$ $\alpha_3 = \frac{(n-1)\beta^3+1}{n}$ $\alpha_4 = \frac{(n-1)\beta^4+1}{n}$

Forțe de fixare	
Schema de încărcare	Expresia forței de fixare
	$R = \left[1 - \frac{\psi}{2\alpha_3}(3\alpha_2 - \psi^2)\right] \cdot P$
	$r = \frac{(3-\xi)\xi^2}{2n\alpha_3} \cdot P$

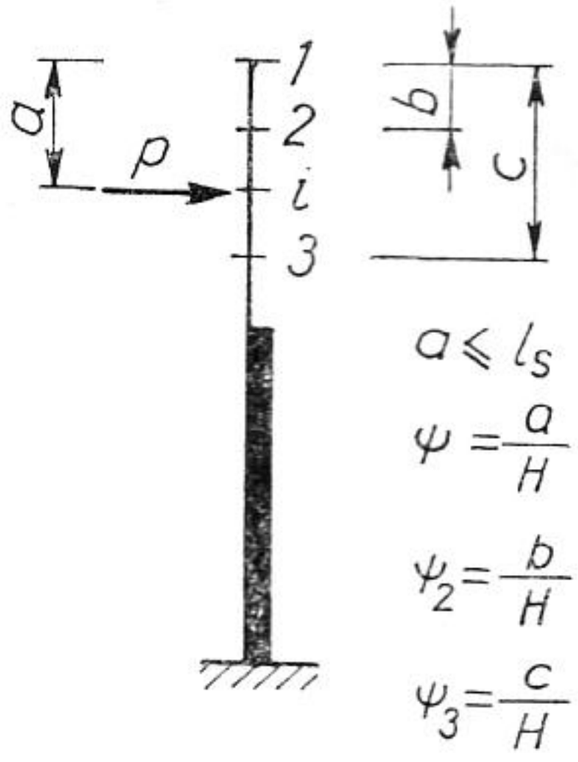
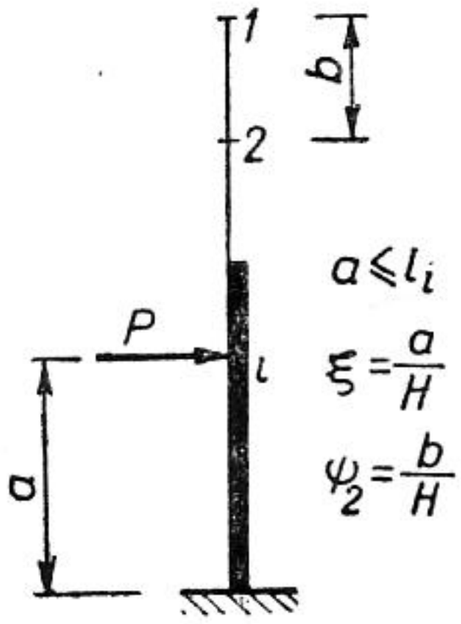
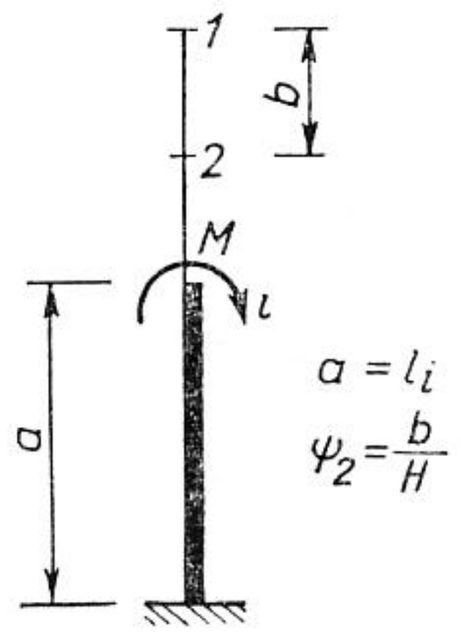
Tabelul 4.11 (continuare)

1	2
	$R = \frac{3}{2\alpha_3}\left(\alpha_2 - \beta^2\right) \cdot \frac{M}{H}$
	$R = \frac{3\alpha_2}{2\alpha_3}\,\frac{M}{H}$
	$R = \frac{3\alpha_4}{8\alpha_3} \cdot pH$

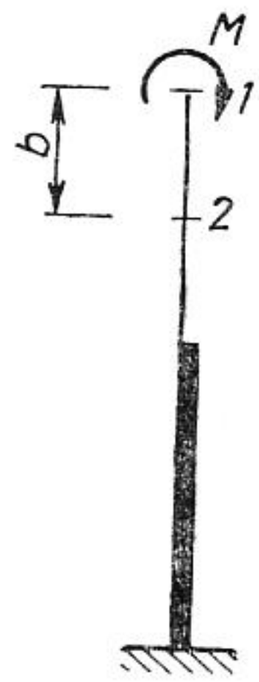
Rigidităţi la deplasare de nod (pe consolă)

Schema de încărcare	Expresia rigidităţii (forţa care produce o deplasare unitară)
	$r = \frac{3EI_s}{H^3} \cdot \frac{1}{\alpha_3}$

Tabelul 4.11 (continuare)

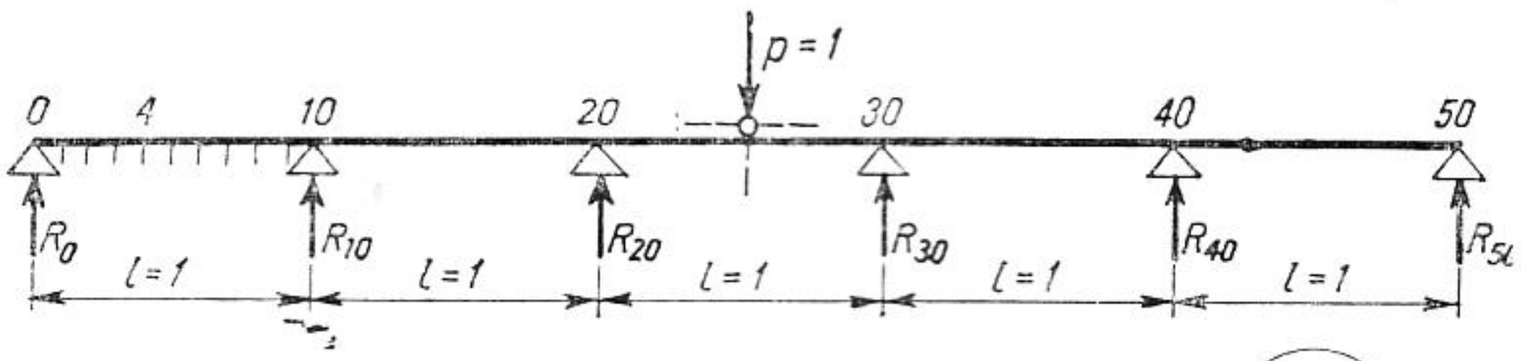
1	2
Săgeți (pe consolă)	
Schema de încărcare	Expresiile săgeților
	$f_{1i} = \left[\alpha_3 - \frac{\psi}{2}(3\alpha_2 - \psi^2)\right] \cdot \frac{PH^3}{3EI_s}$ $f_{2i} = \left[\alpha_3 - \frac{3}{2}\alpha_2(\psi + \psi_2) + 3\alpha_1\psi\psi_2 - \frac{\psi}{2}(3\psi\psi_2 - \psi^2)\right] \cdot \frac{PH^3}{3EI_s}$ $f_{ii} = \left[\alpha_3 - 3\psi(\alpha_2 - \alpha_1\psi + \frac{\psi^2}{3})\right] \frac{PH^3}{3EI_s}$ $f_{3i} = \left[\alpha_3 - \frac{3}{2}\alpha_2(\psi + \psi_3) + 3\alpha_1\psi\psi_3 - \frac{\psi_3}{2}(3\psi\psi_3 - \psi_3^2)\right] \cdot \frac{PH^3}{3EI_s} \cdot$
	$f_{1i} = \xi^2(3 - \xi) \cdot \frac{PH^3}{6EI_i}$ $f_{2i} = \xi^2\left(1 - \psi_2 - \frac{\xi}{3}\right) \cdot \frac{PH^3}{2EI_i}$
	$f_{1i} = (\alpha_2 - \beta^2) \cdot \frac{MH^2}{2EI_s}$ $f_{2i} = [\alpha_2 - 2\psi_2(\alpha_1 - \beta) - \beta^2] \cdot \frac{MH^2}{2EI_s}$

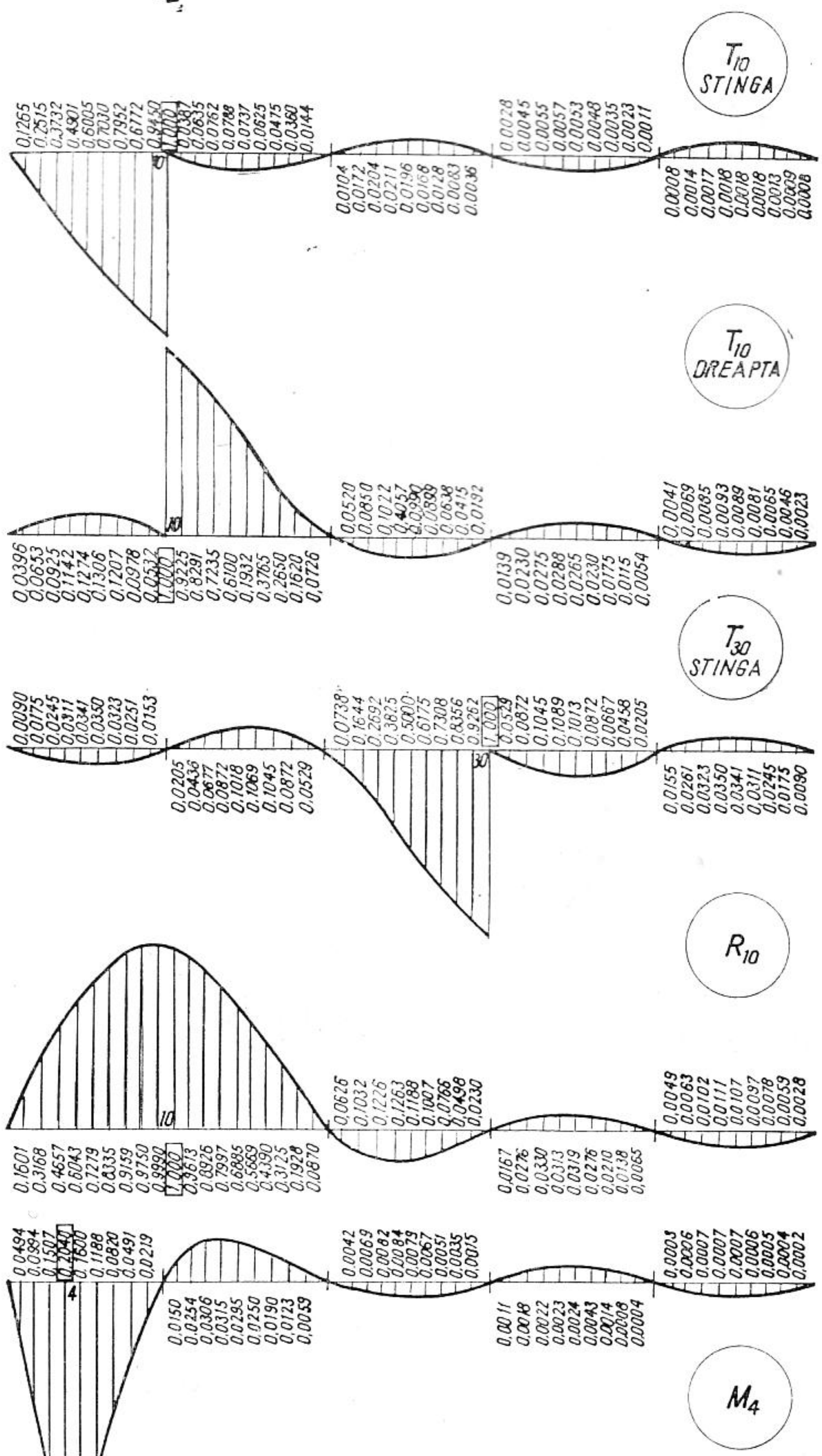
Tabelul 4.11 (continuare)

1	2
 $b \leqslant l_s$ $\psi_2 = \frac{b}{H}$	$f_{11}=\alpha_2 \cdot \frac{MH^2}{2EI_s}$ $f_{21}=[\alpha_2-\psi_2(2\alpha_1-\psi_2)] \cdot \frac{MH^2}{2EI_s}$
$b \leqslant l_s$ $\psi_2 = \frac{b}{H}$	$f_1=\alpha_4 \cdot \frac{qH^4}{8EI_s}$ $f_2=[3\alpha_4-\psi_2(4\alpha_3-\psi_2^3)] \frac{qH^4}{24EI_s}$

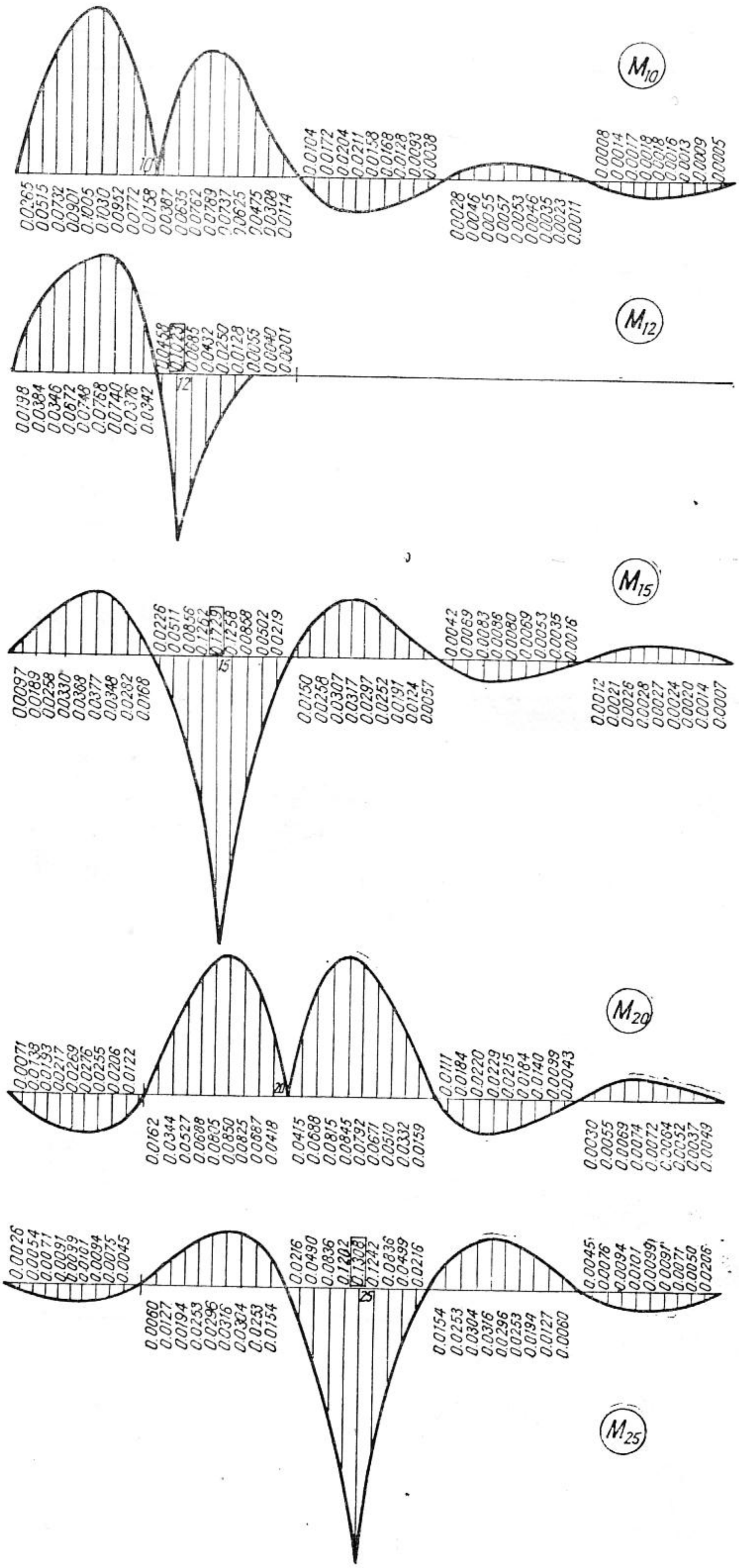
Tabelul 4.12

Linii de influență pentru grinzi continue cu cinci deschideri egale





Tabelul 4.12 (continuare)



ANEXA 5

CATEGORII DE IMPORTANȚĂ A CONSTRUCȚIILOR ȘI A ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚII STABILIREA CLASELOR DE CALITATE ALE SUDURILOR

Tabelul 5.1

EXEMPLE DE ÎNCADRARE A CONSTRUCȚIILOR ȘI A ELEMENTELOR DE CONSTRUCȚII METALICE

Partea I. **Clasificare generală a construcțiilor metalice**

1. Hale — construcții care acoperă spații productive sau de depozitare

1.1. Hale industriale

1.1.1. Hale cu regim de exploatare ușor, conform STAS 763-71

S — 1.1.1.1. Magazii de produse curente
P — 1.1.1.2. Magazii de produse explozive sau inflamabile
S — 1.1.1.3. Ateliere de întreținere curentă
P — 1.1.1.4. Ateliere de întreținere de tip industrial
P — 1.1.1.5. Hale de fabricație
S — 1.1.1.6. Ateliere de construcții metalice

1.1.2. Hale cu regim de exploatare mediu, conform STAS 763-71

P — 1.1.2.1. Hale de fabricație
P — 1.1.2.2. Hale la laminoare ușoare
P — 1.1.2.3. Turnătorii și forje

1.1.3. Hale cu regim de exploatare greu, conform STAS 763-71

P — 1.1.3.1. Hale pentru forje
P — 1.1.3.2. Turnătorii de fontă și oțel
P — 1.1.3.3. Laminoare
P — 1.1.3.4. Depozite

1.1.4. Hale cu regim de exploatare foarte greu, conform STAS 763-71

P — 1.1.4.1. Hale pentru oțelării
P — 1.1.4.2. Hale pentru melanjoare
P — 1.1.4.3. Hale pentru cuptoare adînci
P — 1.1.4.4. Depozite de laminate

1.2. Hale cu alte destinații

P — 1.2.1. Hale pentru piețe
P — 1.2.2. Hale pentru garaje
P — 1.2.3. Hale pentru expoziții
P — 1.2.4. Hale pentru săli de sport
P — 1.2.5. Hangare pentru avioane
P — 1.2.6. Tribune pentru terenuri de sport
P — 1.2.7. Hale pentru gări

2. Clădiri civile, sociale, birouri — construcţii cu parter, construcţii cu mai multe etaje, cu schelet metalic

P — 2.1. Clădiri de locuit
P — 2.2. Clădiri pentru scopuri administrative
P — 2.3. Bănci
P — 2.4. Centre de studii și cercetări
P — 2.5. Magazine
S — 2.6. Depozite pentru materiale curente
P — 2.7. Depozite de materiale explozive și inflamabile
S — 2.8. Clădiri pentru necesităţile șantierelor (dormitoare, cantine, cluburi, magazii, ateliere)

3. Construcţii industriale auxiliare și speciale

3.1. Construcţii de susţinere

S — 3.1.1. Construcţii pentru susţinerea conductelor de apă
P — 3.1.2. Construcţii pentru susţinerea conductelor de petrol sau gaze
S — 3.1.3. Construcţii pentru susţinerea benzilor de transport
S — 3.1.4. Construcţii pentru susţinerea funicularelor de mărfuri
P — 3.1.5. Construcţii pentru susţinerea funicularelor de persoane
S — 3.1.6. Construcţii pentru susţinerea rezervoarelor de apă
P — 3.1.7. Construcţii pentru susţinerea rezervoarelor de petrol sau gaze
P — 3.1.8. Galerii de susţinere
S — 3.1.9. Pasarele de serviciu

3.2. Construcţii din tablă

S — 3.2.1. Buncăre pentru depozitarea pe timp scurt a diferitelor produse: ciment, cărbuni, minereuri etc.

P — 3.2.2. Silozuri, pentru depozitarea pe timp îndelungat a diferitelor produse: ciment, cărbuni, minereuri etc.

3.3. Construcţii speciale

P — 3.3.1. Stîlpi de susţinere a construcţiilor principale
P — 3.3.2. Platforme care au de suportat încărcări mari de vagoane de cale ferată, de la utilaje industriale mobile etc.
P — 3.3.3. Mantaua exterioară a furnalelor
P — 3.3.4. Grinda schipului
P — 3.3.5. Construcţia superioară a furnalelor
S — 3.3.6. Pasarele pentru trecere și acces folosite în diferite industrii
S — 3.3.7. Galerii pentru trecerea de la o clădire la alta a unor instalaţii de transport
S — 3.3.8. Peroane pentru gări

3.3.9. Stîlpi de susţinere a conductorilor la liniile de transport de energie electrică

P — 3.3.9.1. Stîlpi pentru linii de categoria I și a II-a de înaltă tensiune
P — 3.3.9.2. Stîlpi pentru linii de joasă tensiune în localităţi
S — 3.3.9.3. Stîlpi pentru linii de joasă tensiune în afara localităţilor
P — 3.3.10. Piloni și turnuri pentru radio și televiziune
P — 3.3.11. Turnuri de extracţie folosite în industria minieră
P — 3.3.12. Construcţiile turlelor pentru sonde, foraj, extracţie
P — 3.3.13. Pasarele urbane și rurale
P — 3.3.14. Traversări de conducte și instalaţii de transport peste ape, văi adînci, localităţi etc.

Partea a II-a — **Clasificarea generală a elementelor de construcţii metalice**

1. Elemente de construcţie pentru hale

1.1. Elemente pentru acoperișuri

S — 1.1.1. Șprosuri pentru luminatoare
S — 1.1.2. Jgheaburi pentru scurgerea apelor
S — 1.1.3. Pane pentru susţinerea învelitorii

Tabelul 5.1 (continuare)

1.2. Elemente pentru structura de rezistenţă

1.2.1. Elemente pentru structuri cu ferme şi stîlpi

P — 1.2.1.1. Ferme
P — 1.2.1.2. Stîlpi
P — 1.2.1.3. Elemente de legătură dintre fermă şi stîlp
P — 1.2.1.4. Baze pentru stîlpi

1.2.2. Elemente pentru structuri în cadre

P — 1.2.2.1. Rigle
P — 1.2.2.2. Stîlpi
P — 1.2.2.3. Elemente de legătură la noduri
P — 1.2.2.4. Baze pentru stîlpi

1.2.3. Elemente pentru structuri cu goluri longitudinale

P — 1.2.3.1. Ferme de cadru
P — 1.2.3.2. Grinzi longitudinale
S — 1.2.3.3. Ferme intermediare
P — 1.2.3.4. Stîlpi
P — 1.2.3.5. Baze pentru stîlpi

1.2.4. Elemente pentru structuri cu şeduri

1.2.4.1. Elemente pentru structuri cu cadre şi grinzi

P — 1.2.4.1.1. Cadre care formează partea de rezistenţă a şedurilor
P — 1.2.4.1.2. Grinzi pentru susţinerea cadrelor
P — 1.2.4.1.3. Stîlpi
P — 1.2.4.1.4. Baze pentru stîlpi

1.2.4.2. Elemente pentru stucturi cu grinzi

P — 1.2.4.2.1. Grinzi aşezate în planul ferestrelor
S — 1.2.4.2.2. Grinzi secundare, care susţin învelitoarea
P — 1.2.4.2.3. Stîlpi
P — 1.2.4.2.4. Baze pentru stîlpi

1.2.5. Elemente pentru structuri cu cadre longitudinale

P — 1.2.5.1. Ferme care alcătuiesc şarpanta
P — 1.2.5.2. Stîlpi pentru susţinerea fermelor şarpantei
P — 1.2.5.3. Grinzi ale cadrelor podurilor rulante
P — 1.2.5.4. Stîlpi
P — 1.2.5.5. Baze pentru stîlpi

1.2.6. Elemente pentru structuri cu stîlpi pendulari

P — 1.2.6.1. Ferme
P — 1.2.6.2. Stîlpi articulaţi la ambele capete
P — 1.2.6.3. Contravîntuiri aşezate în planul acoperişului
S — 1.2.6.4. Frontoane de capăt

1.2.7. Elemente pentru structuri cu elemente independente

1.2.7.1. Elemente pentru structuri cu stîlpi cu console

P — 1.2.7.1.1. Stîlpi cu console, aşezate cu intervale între capetele consolelor pe care reazemă luminătoarele
P — 1.2.7.1.2. Baze pentru stîlpi

1.2.7.2. Elemente pentru structuri cu stîlpi cu console cu zăbrele

P — 1.2.7.2.1. Stîlpi cu console cu zăbrele cu capete legate între ele articulat
P — 1.2.7.2.2. Baze pentru stîlpi

1.2.7.3. Elemente pentru structuri cu stîlpi cu console şi grinzi independente

P — 1.2.7.3.1. Stîlpi cu console susţinute prin elementele luminatorului
P — 1.2.7.3.2. Grinzi independente
P — 1.2.7.3.3. Baze pentru stîlpi

1.2.8. Elemente pentru alte tipuri de stucturi

1.2.8.1. Elemente pentru stucturi spaţiale>

P — 1.2.8.1.1. Bare şi noduri care alcătuiesc structura spaţială
P — 1.2.8.1.2. Stîlpi
P — 1.2.8.1.3. Baze pentru stîlpi

Tabelul 5.1 (continuare)

1.2.8.2. Elemente pentru structuri cu arce
P — 1.2.8.2.1. Arce care susţin şarpante
P — 1.2.8.2.2. Tiranţii arcelor
P — 1.2.8.2.3. Stîlpi
P — 1.2.8.2.4. Baze pentru stîlpi
1.2.8.3. Elemente pentru structuri cu console
P — 1.2.8.3.1. Structura cu consolă de o singură parte sau cu console în ambele părţi
1.3. Elemente pentru contravîntuiri
1.3.1. Elemente pentru contravîntuiri transversale din planul învelitorii
S — 1.2.1.1. Grinzi cu zăbrele
1.3.2. Elemente pentru contravîntuiri longitudinale din planul învelitorii
S — 1.3.2.1. Grinzi cu zăbrele
1.3.3. Elemente pentru contravîntuirile stîlpilor şi pereţilor
1.3.3.1. Elemente pentru contravîntuiri verticale şi orizontale
S — 1.3.3.1.1. Diagonale încrucişate sau contrafişe
S — 1.3.3.1.2. Diagonale încrucişate, orizontale suplimentare
P — 1.3.3.1.3. Portale
1.4. Elemente pentru şarpanta pereţilor
1.4.1. Elemente pentru şarpanta pereţilor laterali
S — 1.4.1.1. Rigle orizontale
S — 1.4.1.2. Rigle verticale
S — 1.4.1.3. Stîlpi intermediari
1.4.2. Elemente pentru şarpanta frontoanelor
S — 1.4.2.1. Rigle orizontale
S — 1.4.2.2. Stîlpi intermediari
S — 1.4.2.3. Grinzi suplimentare
1.5. Elemente pentru grinzile căilor de rulare
1.5.1. Elemente ale căilor de rulare pentru cărucioare şi pentru grinzi rulante
P — 1.5.1.1. Căi de rulare
P — 1.5.1.2. Grinzi longitudinale de care se suspendă căile
1.5.2. Elemente pentru grinzile căilor podurilor rulante
P — 1.5.2.1. Grinzi din profile laminate, cu inimă plină, cu inimă plină cu perete dublu sau grinzi cu zăbrele
P — 1.5.2.2. Grinzi longitudinale care susţin grinzile căilor de rulare
P — 1.5.2.3. Console pe care reazemă grinzile căilor de rulare
S — 1.5.2.4. Grinzi de frînare
P — 1.5.2.5. Tampoane
1.5.3. Elemente ale grinzilor căilor pentru macarale în consolă
P — 1.5.3.1. Grindă verticală care suportă încărcările date de macara
P — 1.5.3.2. Grinzi orizontale
1.6. Elemente pentru platforme şi scări
S — 1.6.1. Plăci
P — 1.6.2. Grinzi principale
S — 1.6.3. Grinzi secundare
P — 1.6.4. Stîlpi
S — 1.6.5. Balustrade
S — 1.6.6. Vanguri
S — 1.6.7. Trepte
2. Elemente de construcţie pentru clădiri cu schelet metalic
2.1. Elemente pentru scheletul de rezistenţă
2.1.1. Elemente pentru sisteme în cadre cu noduri rigide
P — 2.1.1.1. Rigle
P — 2.1.1.2. Stîlpi
P — 2.1.1.3. Baze pentru stîlpi
2.1.2. Elemente pentru sisteme cu contravîntuiri verticale
P — 2.1.2.1. Grinzi
P — 2.1.2.2. Stîlpi

Tabelul 5.2

Stabilirea claselor de calitate ale sudurilor

Tipul solicitării	Importanța construcției elementului îmbinării	Natura solicitării	Mărimea tensiunilor	Temperatura de exploatare	Clasa de calitate necesară	Extinderea controlului radiografic în procente din lungimea totală a sudurii
OSCILANTĂ	A	Alternante sau pulsante pozitive	Oricare	Pozitivă	I	50
				Negativă	I	100
		Pulsante negative	Oricare	Oricare	II	15
	B	Alternante sau pulsante pozitive	Oricare	Pozitivă	II	15
				Negativă	I	25
		Pulsante negative	Oricare	Oricare	III	10
	C	Alternante sau pulsante pozitive	Oricare	Pozitivă	III	10
				Negativă	II	15
		Pulsante negative	Oricare	Oricare	IV	5
STATICĂ	A	Tracțiune sau forfecare	$(0,70+1)R$	Pozitivă	II	15
				Negativă	I	50
			$<0,70\ R$	Pozitivă	III	10
				Negativă	II	15
		Compresiune	Oricare	Oricare	IV	5
	B	Tracțiune sau forfecare	$(0,70+1)R$	Pozitivă	III	10
				Negativă	II	15
			$<0,70R$	Pozitivă	IV	5
				Negativă	III	10
		Compresiune	Oricare	Oricare	V	—
	C	Tracțiune sau forfecare	$(0,70-1)R$	Pozitivă	IV	—
				Negativă	III	5
			$<0,70R$	Pozitivă	V	—
				Negativă	IV	—
		Compresiune	Oricare	Oricare	V	—

ANEXA 6

ACȚIUNI — ÎNCĂRCĂRI

6.1. Clasificarea și gruparea acțiunilor pentru construcții civile și industriale (Extras din STAS 10101/0A-77)

.....

1.2. În vederea calculului construcțiilor civile și industriale:
— încărcările se clasifică în conformitate cu prevederile de la pct. 2;
— coeficienții încărcărilor se adoptă în conformitate cu prevederile de la pct. 3;
— grupările de încărcări se alcătuiesc în conformitate cu prevederile de la pct. 4.

2. *Clasificarea încărcărilor*

2.1. În calculul construcțiilor civile și industriale, încărcările se clasifică în conformi tate cu tabelul 1

Tabelul 1

Nr. crt.	Categoria de încărcare	Simbol	Caracterizare
1	permanente	P	se aplică în mod continuu, cu o intensitate practic constantă în raport cu timpul.
2	temporare:	T	se aplică în mod intermitent, sau cu o intensitate variabilă în raport cu timpul.
2.1	— cvasipermanente	C	se aplică cu intensități ridicate pe durate lungi sau în mod frecvent.
2.2	— variabile	V	intensitatea lor variază sensibil în raport cu timpul, sau încărcările pot lipsi total pe intervale lungi de timp.
3	excepționale	E	intervin foarte rar, cu intensități semnificative, pe durata de exploatare a unei construcții.

2.2. Diferitele încărcări se încadrează în categoriile enumerate la pct. 2.1, conform prevederilor pct. 3.4 . . . 3.7.

Încărcările dinamice datorite mașinilor și utilajelor cu amplasament fix, sau altor cauze nemenționate la pct. 3.4 . . . 3.7, se încadrează pe baza unor prescripții sau a unor justificări corespunzătoare, la unul din aceste puncte.

3. *Coeficienții încărcărilor*

3.1. În aplicarea metodei stărilor limită, încărcările se iau în considerare cu intensitățile de calcul, care se determină prin înmulțirea intensităților normate cu coeficienții încărcărilor.

3.2. Distribuțiile încărcărilor și intensitățile normate ale acestora se determină conform STAS 10101/1, $2A_1$, $2A_2$, 23A-78, și STAS 10101/2-75, 20, 21-78, 23-75 sau, în absența unor prevederi cuprinse în aceste standarde, pe baza altor prescripții sau a unor fundamentări corespunzătoare.

3.3. În funcție de natura stărilor limită la care se face verificarea și de categoria grupărilor, alcătuite pe baza prevederilor pct. 4.2, se iau în considerare intensități de calcul diferite, conform tabelului 2.

Tabelul 2

Intensitățile de calcul considerate	Coeficientul încărcării	Verificările la care se utilizează
Intensități de calcul limită	n	verificări la stările limită ultime de rezistență și stabilitate, sub acțiunea grupărilor fundamentale.
Intensități de calcul reduse (care pentru încărcările permanente și cvasipermanente, coincid cu intensitățile normate, iar pentru încărcările variabile reprezintă fracțiuni de lungă durată ale intensităților).	pentru încărcări P și C: 1, 0; pentru încărcări V: n^d	verificări la stările limită unde intervin efecte de durată și verificări sub acțiunea grupărilor speciale.

3.4. Pentru încărcările permanente, valorile coeficientului n se determină conform tabelului 3)

Tabelul

Nr. crt.	Tipul încărcării[1)]	n max.	n min.
1	Greutatea elementelor permanente ale construcțiilor (greutatea elementelor structurale, greutatea elementelor de închidere) executate din: — beton simplu sau armat cu greutatea specifică peste 18 kN/m³ — metal — lemn	1,1	0,9
2	— beton ușor simplu sau armat cu greutatea specifică sub 18 kN/m³ — zidărie de cărămidă — zidărie de piatră	1,2	0,9
3	Greutatea elementelor de izolare, egalizare și finisaj (tencuieli, șape, pardoseli etc.) executate în condiții: — industrializate	1,2	0,9
4	— de șantier, cu mijloace tradiționale	1,3	0,9
5	Greutatea și împingerea pământurilor și a umpluturilor [2) 3)]	1,2	0,8
6	Forțele de precomprimare[4)]	1,1	0,9

[1)] Intensitățile normate ale încărcărilor permanente sînt conform STAS 10101/1-78

[2)] Calculul împingerii pământului se face conform STAS 8316-77

[3)] În cazuri deosebite, cînd este necesară considerarea unei înălțimi de coloană de pământ variabilă în timp, se va proceda conform unor instrucțiuni sau justificări speciale

[4)] În STAS 10107/0-76, valorile coeficientului n pentru efortul de precomprimare, la stările limită ultime, sînt incluse în relațiile de verificare pentru elementele din beton precomprimat

3.5. Pentru încărcările cvasipermanente, valorile coeficientului n se determină conform tabelului 4.

Tabelul 4

Nr. crt.	Tipul încărcării		n
1	Greutatea unor elemente de construcţie a căror poziţie poate să se modifice în decursul exploatării (exemplu pereţi despărţitori), stabilită conform STAS 10101/1-78		Aceleași valori ca în tabelul 3 nr. crt. 1 . . . 4, în funcţie de natura materialului și modul de realizare
2	Greutatea utilajului cu poziţie fixă specific exploatării construcţiilor (maşini-unelte, aparate, motoare, rezervoare, recipiente, conducte cu armături, piese de reazem și izolaţii, transportoare cu bandă sau alte sisteme, maşini de ridicat fixe cu accesorii etc.) în fabrici, ateliere etc.		1,2
3	Greutatea conţinutului din rezervoare, recipiente, navete fixe sau mobile, silozuri.	lichid	1,1
4		suspensii, șlamuri, materiale pulverulente	1,2
5	Greutatea conţinutului din conducte.	lichid	1,0
6		suspensii, șlamuri, materiale pulverulente	1,1
7	Presiunea gazelor, lichidelor sau a materialelor pulverulente pe pereţii construcţiilor care le susţin în decursul exploatării, presiunea dinamică a aerului datorită ventilării etc.		1,2
8	Încărcările pe planșe (în unele cazuri pe pereţi) din încăperile de depozitare, frigorifere, depozite de materiale granulare, depozite de furaje, depozite de cărţi, arhive, biblioteci, cu intensităţi normate (conform STAS 10101/2A$_1$-78 tabelul 1 nr. crt. 15 . . . 17) de:	— pînă la 2 kN/m^2 (inclusiv)	1,4
9		— între 2 și 5 kN/m^2	1,3
10		— egale cu 5 kN/m^2 sau mai mari	1,2
11	Greutatea stratului de apă pe planșeele orizontale destinate a fi acoperite cu apă și împingerea apei pe pereţii laterali ai unor recipiente destinate acumulării apei.		1,2
12	Greutatea depunerilor de praf industrial (dacă depunerea nu este exclusă datorită unor măsuri corespunzătoare), stabilită conform STAS 10101/2A$_1$-78 tabelul 1 nr. crt. 18 sau a unor prescripţii speciale		1,4
13	Variaţiile de temperatură tehnologică.		1,2
14	Tasările și deplasările neuniforme ale fundaţiilor, cînd acestea nu sînt datorite unor schimbări radicale a structurii terenului de fundare.		1,2

Observaţie. În cazurile cînd contracţia betonului trebuie considerată drept o încărcare, efectele deformaţiilor în timp ale betonului din contracţie, corelate cu efectele curgerii lente, se iau în considerare ca încărcări cvasipermanente și se stabilesc conform STAS 10107/0-76, Anexa II și datelor specifice condiţiilor de exploatare.

3.6. Pentru încărcările variabile, valorile coeficienților n și n^d se determină conform tabelului 5.

Tabelul 5

Nr. crt.	Tipul încărcării		n [1]	n^d [1]
1	Încărcări distribuite pe acoperișuri și terase în locuințe, în încăperi ale instituțiilor administrative, științifice, de proiectare, de învățământ, în săli de mese, pe balcoane și logii, în băi publice, spălătorii, anexe sociale, în podurile de cabluri electrice, pe pasarelele industriale, în podurile necirculabile, având intensități normate (conform STAS 10101/2A1-78 tabelul 1 nr. crt. 1 . . . 4, 5b și 6 . . . 8a) de: — până la 2 kN/m² (inclusiv)		1,4	
2	— între 2 și 5 kN/m²		1,3	0,4
3	— egale cu 5 kN/m² sau mai mari.		1,2	
4	Încărcări distribuite în podurile circulabile, în săli de adunări și spectacol, în sălile comerciale ale magazinelor, în muzee și expoziții, în tribune, în adăposturi pentru animale, în ateliere cu utilaj ușor, ca și încărcarea datorită oamenilor și materialelor în fabrici sau ateliere având intensități normate (conform STAS 10101/2A1-78 tabelul 1 nr. crt. 8b, 9 . . . 14) de:	până la 2 kN/m² (inclusiv)	1,4	
5		între 2 și 5 kN/m²	1,3	0,6
6		egale cu 5 kN/m² sau mai mari	1,2	
7	Încărcări distribuite în încăperi ale etajelor tehnice, bucătării ale cantinelor, laboratoare, încăperi ale centrelor de calcul, cu intensități normate (conform STAS 10101/2A1-78 tabelul 1 nr. crt. 5a și 8c) de:	până la 2 kN/m²	1,4	
8		între 2 și 5 kN/m²	1,3	0,8
9		egale cu 5 kN/m² sau mai mari	1,2	
10	Încărcări distribuite în lungul unei linii la balustrade, pereți despărțitori etc., orientate pe direcție verticală sau orizontală.		1,2	—
11	Încărcări concentrate aplicate pe treptele scărilor și pe elementele secundare ale acoperișurilor și planșeelor.		1,2	—
12	Greutatea oamenilor, pieselor, materialelor de reparație în zonele de trecere și în alte zone libere de utilaje.		1,2	—
13	Încărcări apărute în timpul transportului și montajului elementelor de construcție, în timpul confecționării acestora, la montajul sau schimbarea poziției utilajului, încărcări datorită produselor și materialelor de construcție (cu excepția locurilor destinate depozitării lor), greutății elementelor incomplete montate etc.		1,0... 1,3 [2]	—
14	Încărcări generate de utilaje în timpul punerii în funcțiune, în regim tranzitoriu sau de încercare (exemple: încărcări apărute la încercarea de frînare a mașinilor de ridicare, variații de temperatură — de scurtă durată în punerea sau scoaterea din funcțiune a utilajului).		1,2	—

Tabelul 5 (continuare)

Nr. crt.	Tipul încărcării			$n^{1)}$	$n^{d\,1)}$
15	Încărcări datorită unor mijloace ușoare de ridicare și transport cu cale fixă (monoșine) și unor mijloace de ridicare și transport fără cale fixă			1,2	0,4
16	Încărcări datorite podurilor rulante (conform STAS 10101/2A2-78)[3)]	Încărcări verticale pentru podurile rulante din grupa de funcţionare:	I	1,2	0,4
17			II		0,6
18			III și IV		0,8
19			V		1,0
20		încărcări orizontale		1,3	—
21	Încărcări datorite vîntului (conform STAS 10101/20-78) pentru construcții[4)]	curente, situate în zonele:	A, B	1,2	0,4
22			C, D, E		0,6
23		deosebit de sensibile la vînt (ușoare, zvelte) situate în zonele:	A, B	1,3[5)]	0,4
24			C, D, E		0,6
25	Încărcări datorite zăpezii (conform STAS 10101/21-78) pentru construcții situate în zonele[6)]:		A, B, C	1,4	0,4
26			D	1,6	0,4
27			E	1,6	0,6
28	Încărcări datorită chiciurii			1,3	0,4
29	Variații de temperatură exterioară (conform STAS 10101/23A-78) determinate prin metoda simplificată (pct. 3.7 din STAS 10101/23A-78)[7)8)]			1,2	0,6

[1)] Coeficienții încărcărilor n și n^d nu includ coeficienții dinamici

[2)] De la caz la caz, în funcție de condițiile specifice

[3)] Coeficienții n și n^d se consideră pentru cazul podurilor încărcate

[4)] Valorile n^d se utilizează numai în cazuri deosebite, cînd se prescrie considerarea simultană a vîntului și a unei încărcări excepționale

[5)] Pentru construcții deosebit de sensibile la vînt (înalte, zvelte, ușoare) se recomandă o analiză suplimentară, cu colaborarea unor institute de specialitate, în vederea stabilirii coeficientului n. Pentru aceste construcții, încărcarea din vînt în regim de rezonanță, se consideră ca o încărcare excepțională.

[6)] Coeficientul de sensibilitate pentru acoperișuri ușoare c_p este inclus în intensitatea normată.

În situațiile în care coeficientul de aglomerare c_z depășește valoarea 2, se efectuează două verificări:

a) pentru coeficientul c_z limitat la valoarea 2, iar încărcarea rezultată se consideră ca o încărcare variabilă;

b) pentru coeficientul c_z determinat conform STAS 10101/21-78, iar încărcarea rezultată se consideră ca o încărcare excepțională.

[7)] Variațiile de temperatură exterioară nu se consideră în verificările la starea limită de oboseală.

[8)] Pentru cazurile în care se aplică metoda analitică (pct. 3.1 . . . 3.4 din STAS 10101/23A-78), valorile de calcul se vor determina conform prevederilor standardului respectiv.

3.7. Pentru încărcările excepţionale, coeficientul n are valoarea 1, iar fracţiunile de lungă durată nu se consideră, dacă în prescripţiile de specialitate nu se dau alte indicaţii.

Din încărcările excepţionale fac parte:

— încărcări seismice;

— încărcări datorită defectelor sau defectării utilajelor şi alterării bruşte a procesului tehnologic (exemple: efectul ruperii cablurilor de ridicare, frînare de avarie, şocurile de intensitate ridicată generate de utilajele mobile, acţiunea variaţiei bruşte de temperatură);

— încărcări datorite cedării unor elemente de construcţie;

— încărcări cu caracter de şoc, datorite ciocnirii autovehiculelor de elemente de construcţii sau exploziilor;

— efectele deplasărilor de reazeme provenite dintr-o schimbare radicală cu caracter accidental a structurii terenului, acţiunea deformării suprafeţei pămîntului în zonele de influenţă a lucrărilor miniere;

— încărcări datorite inundaţiilor catastrofale;

— încărcări datorite vîntului, în regim de rezonanţă;

— încărcări datorite zăpezii pentru cazurile în care $c_z > 2$.

Încărcările excepţionale se vor lua în calcule pe baza unor prescripţii sau instrucţiuni speciale.

3.8. Pentru cazurile cînd valorile coeficienţilor încărcărilor nu sînt specificate la pct. 3.4 . . . 3.7, aceste valori se vor stabili în tema de proiectare, odată cu intensităţile normate ale încărcărilor.

4. *Gruparea încărcărilor*

4.1. Calculul elementelor şi structurilor de construcţii la diferite stări limită, se face luînd în considerare combinaţiile defavorabile, practic posibile ale încărcărilor, numite grupări de încărcări.

Se vor avea în vedere:

a) Grupări fundamentale, alcătuite din încărcări permanente, cvasipermanente şi variabile;

b) grupări speciale, alcătuite din încărcări permanente, cvasipermanente, variabile şi excepţionale.

Încărcările permanente se iau în considerare în toate cazurile.

Încărcările cvasipermanente şi variabile se iau în considerare cînd efectele lor sînt defavorabile pentru verificarea în secţiunea şi la starea limită considerată.

Încărcările excepţionale se iau în considerare numai în cazul grupărilor speciale, în condiţiile indicate la observaţia 9 tabelul 6.

4.2. Grupările de încărcări se vor alcătui conform indicaţiilor din tabelul 6 şi observaţiilor respective.

Tabelul 6

Nr. crt.	Stările limită la care se face verificarea		Grupări de încărcări	
			fundamentale	speciale[9])
1	Stări limită ultime	de rezistenţă şi stabilitate	$\Sigma n_i P_i + \Sigma n_i C_i + n_g \Sigma n_i V_i$[2])	$\Sigma P_i + \Sigma C_i + \Sigma n_i^d V_i + E_1$
2		de oboseală	pentru efortul maxim: $\Sigma P_i + \Sigma C_i + \Sigma n_i^d V_i' + V_{ob.\ max.}$ pentru efortul minim: $\Sigma P_i + \Sigma C_i + \Sigma n_i^d V_i' + V_{ob.\ min.}$	vezi observaţia 10
3	Stări limită ale exploatării normale	verificări sub efectul încărcărilor totale de exploatare	$\Sigma P_i + \Sigma C_i + n_g \Sigma V_i$[2])	
4		verificări sub efectul fracţiunilor de lungă durată ale încărcărilor	$\Sigma P_i + \Sigma C_i + \Sigma n_i^d V_i$	

Observații.

1) În relațiile din tabelul 6, majusculele reprezintă încărcări cu intensități normate, clasificate și simbolizate conform pct. 2.1. În cazul stării limită la oboseală, sînt notate cu V_i' încărcările variabile care nu produc oboseală și este notată cu V_{ob} încărcarea care produce oboseală. Pentru această încărcare se consideră intensitățile maxime $V_{ob\cdot max}$ și minime $V_{ob\cdot min}$, care determină caracteristicile ciclului de solicitare la care se face calculul.

2) Coeficientul de grupare n_y are valorile:
— 1,0 în cazul unei singure încărcări V;
— 0,9 în cazul a două sau trei încărcări V;
— 0,8 în cazul a patru sau mai multe încărcări V.
La stările limită ale exploatării normale pentru verificări sub efectul încărcărilor totale de exploatare, se consideră cel mult două încărcări V.

3) În alcătuirea grupărilor de încărcări pentru o structură, ipotezele de încărcare se stabilesc avînd în vedere următoarele:
— pentru încărcările permanente, se consideră o ipoteză unică de distribuție a încărcărilor, cu intensități normate, stabilite conform prevederilor STAS 10101/1-78, iar acestor intensități în grupările fundamentale la stările limită de rezistență și stabilitate li se aplică coeficienții n care sporesc sau reduc o întreagă încărcare, după cnm este mai defavorabil;
— pentru celelalte încărcări, se adoptă, pentru fiecare încărcare și în cadrul fiecărei grupări în parte, cea mai defavorabilă ipoteză de încărcare (forțe, deplasări etc.), din punctul de vedere al verificării care se efectuează în secțiunea și la starea limită considerată (de exemplu: ipoteza cea mai defavorabilă de distribuție a încărcărilor pe planșee, de aglomerări cu zăpadă, de direcție de acțiune a vîntului etc.).
Următoarele încărcări se consideră drept o singură încărcare distinctă (pentru o anumită schemă de încărcare):
— încărcarea simultană a mai multor planșee, datorită greutății oamenilor, materialelor etc.;
— încărcarea cu forțe verticale din poduri rulante, unul sau mai multe;
— încărcarea cu forțe verticale și forțe orizontale din poduri rulante, unul sau mai multe.

4) În stabilirea ipotezelor de încărcare, cu intensități normate, pentru verificări la stări limită de rezistență și stabilitate sub acțiunea grupărilor fundamentale, se include aplicarea coeficienților de reducere pentru încărcările distribuite pe planșee (pentru grinzi principale în funcție de suprafața aferentă, pentru elementele portante verticale în funcție de numărul de niveluri) conform STAS 10101/2*A*1-78 și pentru încărcările datorate podurilor rulante conform STAS 10101/2*A*2-78, în vederea luării în considerare a nesimultaneității realizării intensităților maxime ale încărcărilor pe întreaga întindere a construcției.

5) În stabilirea grupărilor de încărcări, intensitățile normate ale încărcărilor cu caracter dinamic se afectează de coeficienții dinamici în modul următor:

— pentru încărcările datorite mijloacelor de ridicare și transport, conform prevederilor STAS 10101/2*A*1, 2*A*2-78;

— pentru încărcările datorite mașinilor și utilajelor cu poziție fixă sau a vîntului, în vederea verificărilor la toate categoriile de stări limită, conform unor prescripții sau instrucțiuni speciale, respectiv conform STAS 10101/20-78.

6) În cazurile în care în verificarea la stările limită ultime se iau în considerare încărcări datorite unor deformații împiedicate sau a unor deplasări impuse, efectele acestora se vor considera în calcule, adoptîndu-se pentru elementele de construcții rigidități corespunzătoare stadiului în care se face verificarea.

7) Pentru verificările la starea limită de oboseală, se vor avea în vedere și prevederile privind aceste verificări, date în prescripțiile de specialitate.

8) În cazul verificărilor la starea limită de oboseală sub acțiunea grupărilor de încărcări în care intervine efectul podurilor rulante pentru verificarea grinzilor de rulare, se va considera drept o încărcare un singur pod rulant conform prevederilor din STAS 10101/2*A*2-78 tabelul 4.

9) În stabilirea grupărilor speciale se vor avea în vedere următoarele, dacă în prescripțiile de specialitate nu se dau alte indicații:

— încărcările temporare de proveniență gravitațională se vor lua în considerare cu cîte o singură distribuție, cea mai probabilă, dacă acestea, însumate, nu depășesc 25% din totalul încărcărilor gravitaționale (inclusiv încărcările permanente); în caz contrar, se vor avea în vedere mai multe distribuții, conform unor prescripții sau fundamentări speciale;

— se va considera o singură încărcare excepțională;

— nu se iau în considerare încărcările echivalente unor sisteme de deformații împiedicate sau deplasări impuse (exemple: încărcări datorite variațiilor de temperatură, contracției, tasărilor inegale ale terenului de fundare); excepții se admit pe baza unei justificații speciale.

— în grupările speciale în care intervin încărcări seismice, nu se consideră încărcările orizontale datorită frînării sau izbirii podurilor rulante în opritori și încărcările datorită vîntului. Se exceptează

construcţiile deosebit de zvelte şi sensibile la acţiunea vîntului (coşuri de fum, antene, turnuri etc.) pentru care se va considera încărcarea datorită vîntului, cu o valoare afectată cu coeficientul n^a din tabelul 5 nr. crt. 23 şi 24.

10) Stările limită la care se face verificarea sub acţiunea grupărilor speciale, se stabilesc de la caz la caz prin prescripţii de specialitate. În absenţa unor prescripţii sau a unor fundamentări speciale, nu se vor face alte verificări decît la stările limită ultime de rezistenţă şi stabilitate.

4.3. În cazul unei comportări liniare din punct de vedere fizic şi geometric a structurii şi a terenului de fundaţie în starea limită considerată, se permite alcătuirea grupărilor direct pentru efectele încărcărilor (eforturi, deplasări etc.).

4.4. Pe baza unor reglementări speciale, sau a unor justificări acceptate de organele competente, se admite adoptarea unor reguli de grupare diferite faţă de cele corespunzătoare punctului 4.2 din prezentul standard.

6.2. Încărcări date de zăpadă (Extras din STAS 10101/21-78)

. . . . . .

2. *Evaluarea încărcărilor date de zăpadă*

. . . . . .

2.2. Intensitatea normată a încărcării dată de zăpadă, p_z^n, într-un punct al suprafeţei expuse a elementului de construcţie, se determină cu ajutorul relaţiei:

$$p_z^n = c_z c_p g_z,$$

în care:

g_z reprezintă greutatea de referinţă a stratului de zăpadă, determinată pe baza distribuţiei statistice a greutăţilor extreme anuale la nivelul terenului plat;

c_z — coeficient de aglomerare pentru suprafaţa construcţiei expusă zăpezii;

c_p — coeficient de sensibilitate, care reflectă ponderea sporită a solicitărilor datorite acţiunii zăpezii în cazul elementelor şi structurilor uşoare.

2.3. Greutatea de referinţă a stratului de zăpadă se determină de regulă conform hărţii de zonare. pentru amplasamente la altitudini pînă la 600 m deasupra mării.

. . . . . .

Pentru zonele *A*, *B*, *C*, *D* din hartă se adoptă valorile g_z date în tabelul 1.

Tabelul 1

Zona	Greutatea de referinţă g_z, în kN/m²
A	0,5
B	0,7
C, *D*	1,0

Observaţii:

1. Valorile date în a doua coloană a tabelului 1 corespund în medie unei perioade de revenire, T_r, de circa 10 ani pentru greutăţile stratului de zăpadă la nivelul terenului plat, reduse pentru nivelul acoperişului (în raport cu valoarea realizată la nivelul terenului) pe baza considerării efectului de spulberare datorită acţiunii viscolului în timpul căderii intense de zăpadă.

Valorile de calcul obţinute pe baza tabelului 1 prin înmulţire cu coeficientul acţiunii *n*, pentru calculul la stările limită ultime, cu excepţia stării limită de oboseală, au în medie o perioadă de revenire de 50 ani pentru acoperişurile uşoare.

2. Pentru construcţii foarte joase şi întinse, cu înălţimea la streaşină de cel mult 5 m pe care în mod curent se poate realiza aceeaşi încărcare ca la nivelul terenului, valorile g_z se vor determina şi în ipoteza unei sporiri a lor cu 60%. În acest caz încărcarea datorită zăpezii se va considera o încărcare excepţională adoptîndu-se regulile corespunzătoare de grupare şi verificare.

. . . . . .

Pentru amplasamente situate la altitudini H, depășind 600 m deasupra mării (zona E), greutatea g_z, măsurată în kN/m², se determină cu relația:

$$g_z = 0{,}7 + 0{,}0015\ (H - 600),$$

în care H reprezintă altitudinea, în m.

Pentru construcții provizorii se admite reducerea valorilor g_z, determinate conform prevederilor de mai sus, în modul următor:

— cu 20% pentru construcțiile locuite;

— cu 40% pentru construcțiile în care accesul oamenilor se face rar și pentru scurtă durată.

Pentru construcțiile definitive, utilizate ca depozite pentru materiale și utilaje cu valoare redusă, se admite reducerea valorilor g_z determinate conform prevederilor de mai sus, cu 20%.

2.4. Valorile coeficientului c_z se determină conform schemelor din tabelul 2, în care se consideră, pe lîngă cazul zăpezii proaspete, efectul topirii parțiale și aglomerările datorite acțiunii vîntului.

2.5. În cazurile în care coeficientul de aglomerare c_z depășește valoarea 2, se vor face două verificări ale construcțiilor:

— cu c_z limitat la valoarea 2, încărcarea fiind considerată ca o încărcare temporară;

— cu c_z determinat conform tabelului 2, încărcarea fiind considerată ca o încărcare excepțională.

2.6. Valorile coeficientului c_p se determină cu relația:

$$c_p = 0{,}85 + 0{,}45\ \frac{g_z}{g_t},$$

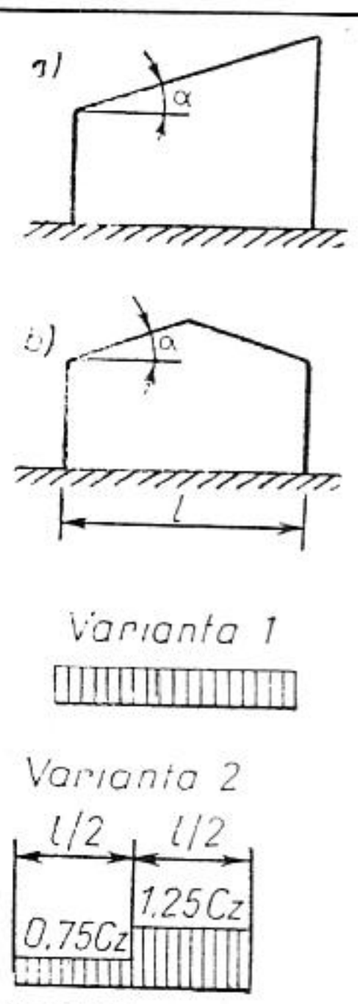
în care rezultatele calculelor se vor limita la

$$1 \leqslant c_p \leqslant 1{,}2$$

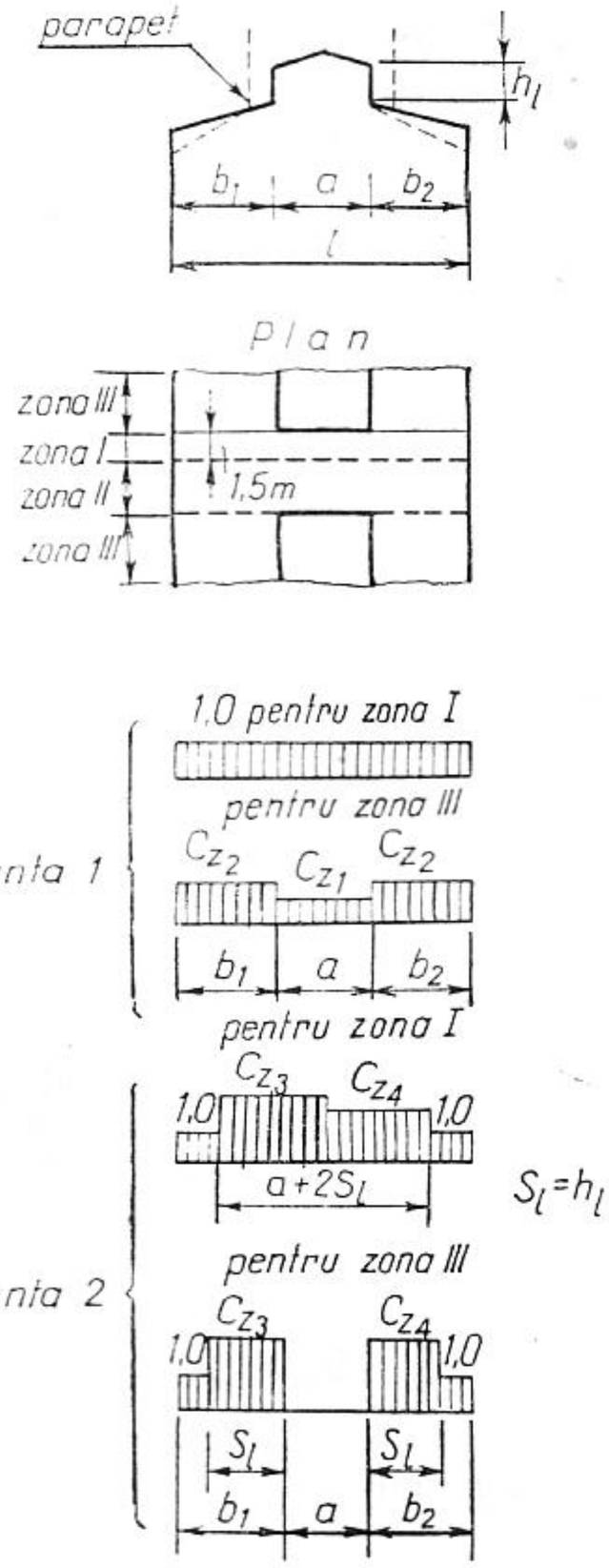
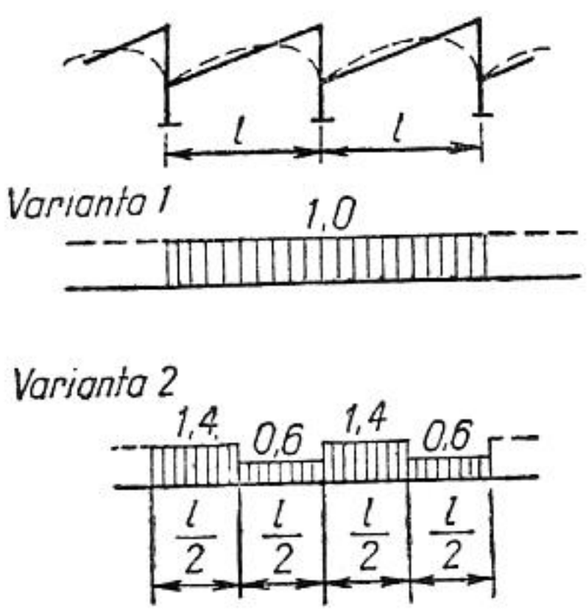
și în care g_t reprezintă încărcarea distribuită echivalentă, determinată pe baza intensităților normate ale tuturor încărcărilor verticale care afectează elementele expuse și intervin în grupări fundamentale.

Tabelul 2

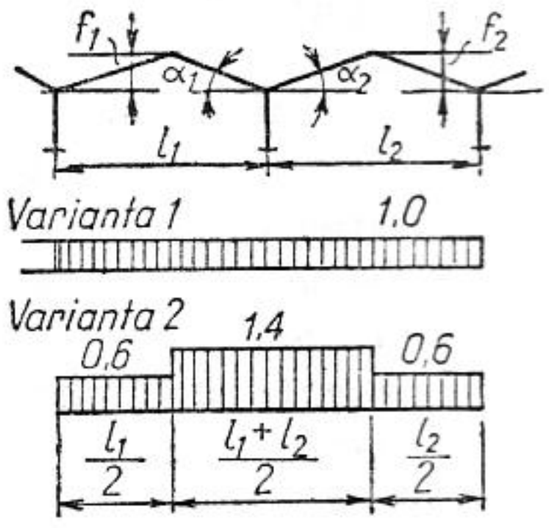
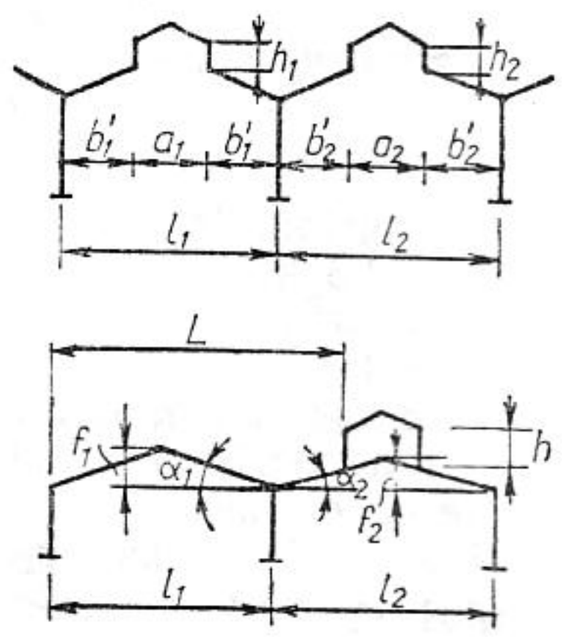
Scheme de încărcări cu zăpadă; coeficientul c_z

Nr. crt.	Profilul acoperișului și scheme de încărcări cu zăpadă	Indicații pentru definirea coeficientului c_z și folosirea schemelor
1		Pentru $\alpha \leqslant 25°$, $c_z = 1{,}0$ Pentru $\alpha \geqslant 60°$, $c_z = 0{,}0$ Varianta 2 se consideră numai pentru schema *b* și pentru $20° \leqslant \alpha \leqslant 30°$.

Tabelul 2 (continuare)

1	2	3
3		Încărcările pe acoperișuri cu luminatoare se iau egale cu: $c_{z_1}=0,8;\ c_{z_2}=1+0,2\ \frac{a}{b_1+b_2}$ $c_{z_3}=1+0,6\ \frac{a}{S_l};\ c_{z_4}=1+0,4\ \frac{a}{S_l}$ dar nu mai mult decît: 4 — pentru ferme și grinzi la acoperișuri cu greutatea normată $\leqslant 1,5$ kN/m²; 2,5 — pentru ferme și grinzi la acoperișuri cu greutatea normată $>1,5$ kN/m²; 2 — pentru plăci din beton armat cu deschideri $\leqslant 6$ m, pentru acoperișuri ca și pentru pane, indiferent de deschidere. $S_l=h_l$, dar nu mai mult de b_1 sau b_2. Pentru zona II coeficientul c_z se ia în ambele variante egal cu 1. *Observație:* Schemele date se utilizează și la construcții cu două sau trei deschideri, cu acoperiș în două pante sau în formă de boltă cu luminator în mijlocul construcției...
4		Alăturat sînt prezentate scheme de încărcări cu zăpadă la acoperișuri tip șed, aplicabile pentru cazul ferestrelor înclinate și al secțiunilor bolțite.

Tabelul 2 (continuare)

1	2	3
5		Schemele de încărcări pentru construcții cu două deschideri se extind pentru construcțiile cu mai multe deschideri, cu profil asemănător. Varianta 2 se consideră cînd α_1 sau $\alpha_2 \geqslant 15°$.
7		La construcțiile cu două sau mai multe deschideri, schemele de încărcare cu zăpadă pentru deschiderile cu luminator iau valorile conform nr. crt. 3, iar pentru deschiderile fără luminator conform nr. crt. 5. *Observație:* Pentru acoperișuri în două pante ($\alpha < 15°$) sau boltite ($f/l < 1/10$) pentru $L > 30$ m, se consideră încărcare locală sporită ca pentru denivelările de la nr. crt. 8.

Observație. Pentru alte cazuri vezi STAS 10101/21-78.

6.3. Acțiunea vîntului (Extras din STAS 10101/20-78)

2. *Evaluarea încărcărilor datorite vîntului*

2.1. Acțiunea vîntului se manifestă prin forțe exterioare distribuite, orientate în mod preponderent, normal pe suprafața expusă, dar avînd și componente tangențiale importante, în special pentru elementele de suprafață mare. Aceste forțe pot fi considerate drept forțe statice, cu excepția cazurilor specificate la pct. 2.4, cînd oscilațiile elementelor de construcție, produse de acțiunea vîntului, sînt importante și cînd este necesară considerarea caracterului dinamic al presiunii vîntului.

În raport cu construcția, vîntul se va considera că se exercită din orice direcție.

2.3. Forțe aplicate construcțiilor.

Pentru determinarea intensităților normate ale încărcărilor date de vînt, se va ține seama întotdeauna de componentele forțelor generate de mișcarea aerului (presiuni și sucțiuni) normale la suprafața expusă. Aceste componente se determină cu relația:

$$p_n^n = \beta \cdot c_n \cdot g_v, \qquad (1)$$

în care:

p_n^n reprezintă componenta normală a acțiunii vîntului, la suprafața expusă, considerată distribuită, în kN/m²;
β — coeficientul dinamic;
c_n — coeficientul componentei normale a acțiunii vîntului (conform tabelului 3);
g_v — presiunea dinamică de bază la înălțimea respectivă, în kN/m².

Componentele tangențiale la suprafața expusă, ale forțelor generate de mișcarea aerului, se determină cu ajutorul relației:

$$p_f^n = \beta \cdot c_f \cdot g_v, \tag{2}$$

în care:

p_f^n reprezintă componenta tangențială de frecare a acțiunii vîntului la suprafața expusă, considerată distribuită, în kN/m²;

c_f — coeficient, care, în lipsa unor date mai precise, se admite egal cu 0,025.

.....

Forțele aplicate construcțiilor pot fi luate în considerare și prin rezultantele lor, determinate pe ansamblul elementelor de construcție sau pe unitatea de lungime a acestora.

Rezultantele încărcărilor provenite din vînt P_t^n se calculează cu relația:

$$P_t^n = \beta \cdot c_t \cdot g_v \cdot A_t, \tag{4}$$

în care:

A_t reprezintă aria totală afectată;

c_t — coeficientul rezultantei acțiunii vîntului (conform tabelului 4).

2.4. Coeficientul dinamic β.

Pentru construcțiile curente, cu excepția celor specificate mai jos, încărcările provenite din vînt pot fi considerate ca încărcări aplicate static, pentru care se admite adoptarea valorii,

$$\beta = 1. \tag{5}$$

Pentru construcțiile sensibile la acțiunea vîntului:

a) piloni, turnuri, coșuri de fum, stîlpi ai liniilor electrice aeriene, aparate și utilaje în formă de coloană, galerii de transport etc., avînd o perioadă proprie fundamentală,

$$T_I < 0{,}25 \text{ s};$$

b) clădiri etajate cu înălțime totală de peste 40 m;

c) structuri în cadre ale halelor parter cu înălțime peste 36 m și raportul între înălțime și deschidere de peste 1,5. Se va ține seama de efectele dinamice ale vîntului conform prevederilor pct. 2.14 din STAS 10101/20-78.

.....

2.5. Presiunea dinamică de bază

.....

2.6. Pentru construcții definitive, presiunea dinamică de bază se determină conform tabelului 1

Tabelul 1

Înălțimea deasupra terenului m	La presiunea dinamică de bază la sol de:							
	0,45 kN/m² (zona *A*)		0,55 kN/m² (zona *B*)		0,70 kN/m² (zona *C*)		0,85 kN/m² (zona *D*)	
	extravilan	intravilan	extravilan	intravilan	extravilan	intravilan	extravilan	intravilan
10	0,45	0,34	0,55	0,41	0,70	0,53	0,85	0,64
20	0,57	0,46	0,69	0,54	0,85	0,68	1,01	0,81
30	0,66	0,54	0,78	0,64	0,95	0,78	1,12	0,92
40	0,73	0,61	0,86	0,72	1,02	0,86	1,21	1,01
50	0,79	0,68	0,92	0,79	1,08	0,93	1,28	1,09

Observații:

1. Pentru înălțimi intermediare valorile din tabel se interpolează liniar.
2. Valorile date în tabel corespund unei perioade de revenire T_r de circa 10 ani.

Valorile de calcul obținute pe baza tabelului prin înmulțire cu coeficientul încărcării *n* au o perioadă de revenire de ordinul $T_r = 20 \ldots 50$ ani.

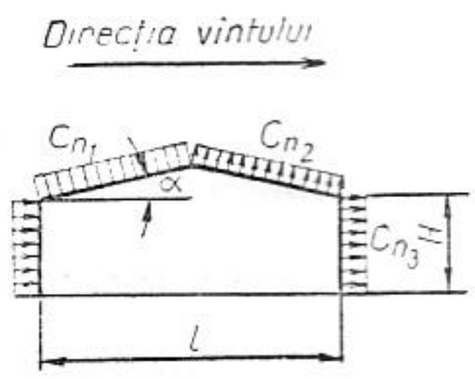
.....

Alte indicații privitoare la încadrarea în coloanele tabelului 1 „intravilan" sau „extravilan", majorări sau reduceri ale presiunii dinamice de bază etc., se vor lua conform STAS 10101/20-78.

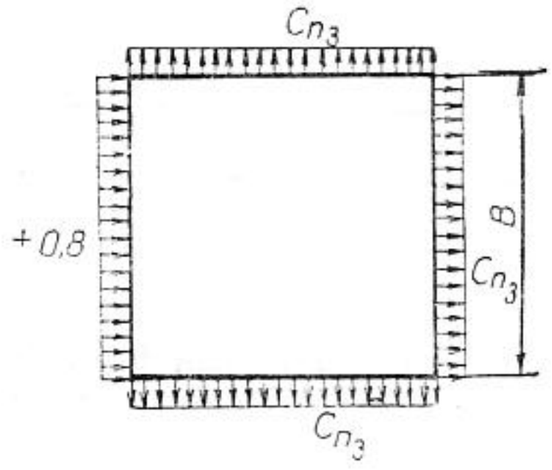
.....

Tabelul 3

Scheme de încărcări din vînt
Coeficienții c_n

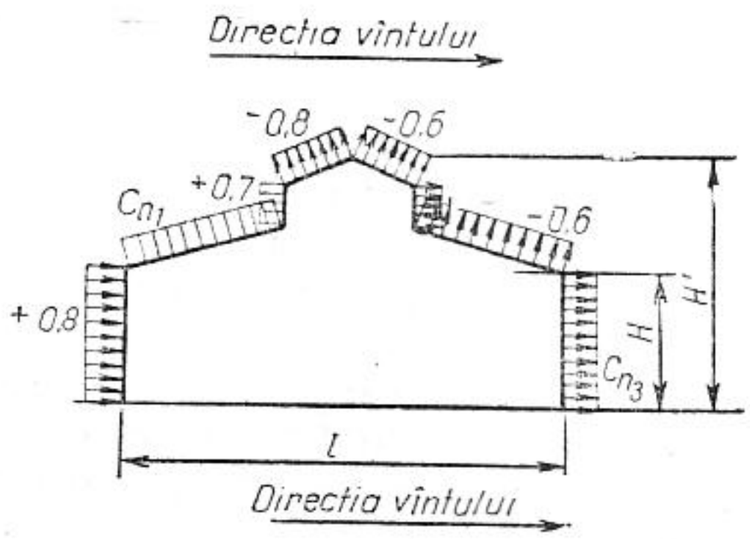
Nr. crt.	Profilul construcției Scheme de încărcări din vînt	Indicații pentru definirea coeficientului c_n și folosirea schemelor	
1	a) Suprafețe verticale ale pereților liberi: — expuse bătăii vîntului — neexpuse bătăii vîntului b) Suprafețe verticale sau înclinate cu maximum 15° față de verticală ale construcțiilor cu mai multe șiruri de luminatoare și secțiuni complicate (dacă nu corespund schemelor din tabel, iar datele experimentale lipsesc): ● extremități și ridicături despărțitoare ale suprafeței: — expuse bătăii vîntului — neexpuse bătăii vîntului ● suprafețe intermediare: — expuse bătăii vîntului — neexpuse bătăii vîntului	+0,8 −0,6 +0,7 −0,6 +0,5 −0,5	Valorile pozitive ale coeficientului corespund presiunilor, iar valorile negative corespund sucțiunilor.
2			

Coeficient	H/l / α	0,0	0,5	1,0	⩾2,0
c_{n_1}	0°	0,0	−0,6	−0,7	−0,8
	20°	+0,2	−0,4	−0,7	−0,8
	40°	+0,4	+0,3	−0,2	−0,4
	60°	+0,8	+0,8	+0,8	+0,8
c_{n_2}		−0,4	−0,4	−0,5	−0,8

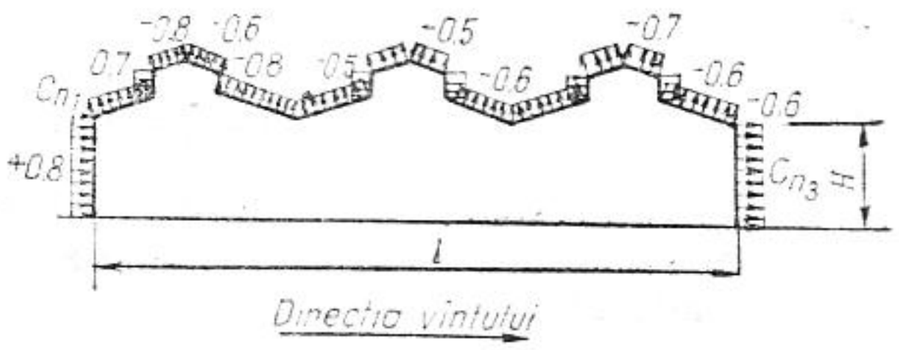
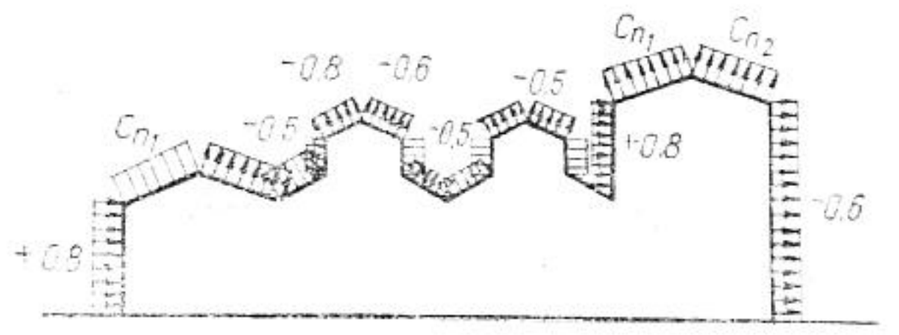


B/l / H/l	⩽0,5	1,0	⩾2,0
	c_{n_3}		
⩽1	−0,4	−0,5	−0,6
⩾2	−0,5	−0,6	−0,6

Coeficientul c_{n_3} se referă la toate construcțiile închise, cu formă dreptunghiulară în plan.

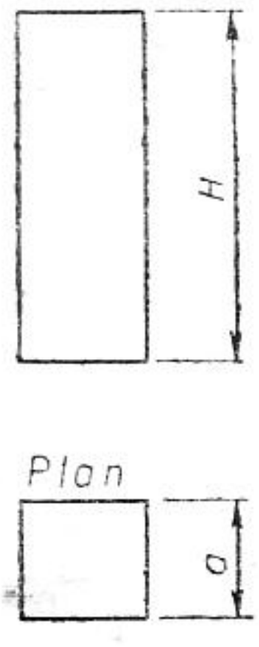
4		Schemele se folosesc pentru construcții cu luminatoare longitudinale. Valorile c_{n_1}, c_{n_2} și c_{n_3} se adoptă conform nr. crt. 2. Valoarea coeficientului aerodinamic pentru pereții frontali ai luminatoarelor se ia egală cu −0,6. Pentru porțiunea de luminator expusă vîntului, valoarea coeficientului aerodinamic c_n = = −0,8 se ia pentru α pînă la 20°.

Tabelul 3 (continuare)

1	2	3
		*Observații*: La calcularea elementelor transversale ale construcției cu luminatorul conform schemei nr. 4 și cu ecrane de protecție contra vîntului, valoarea coeficientului aerodinamic total asupra sistemului luminator-ecran se ia egală cu 1,4.
		

Tabelul 4

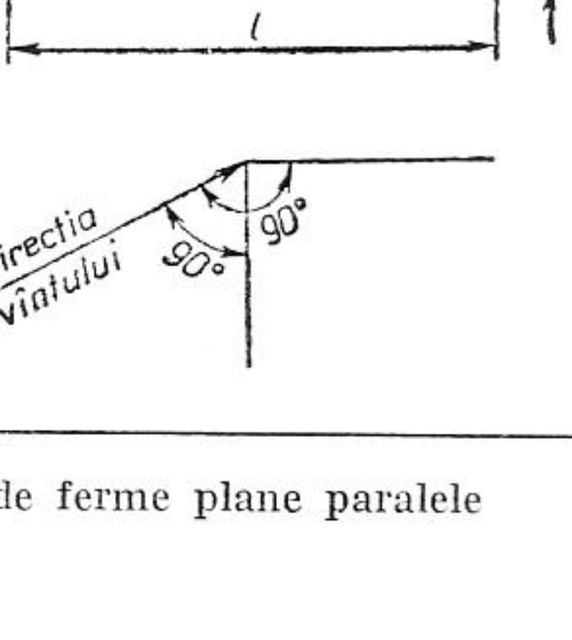
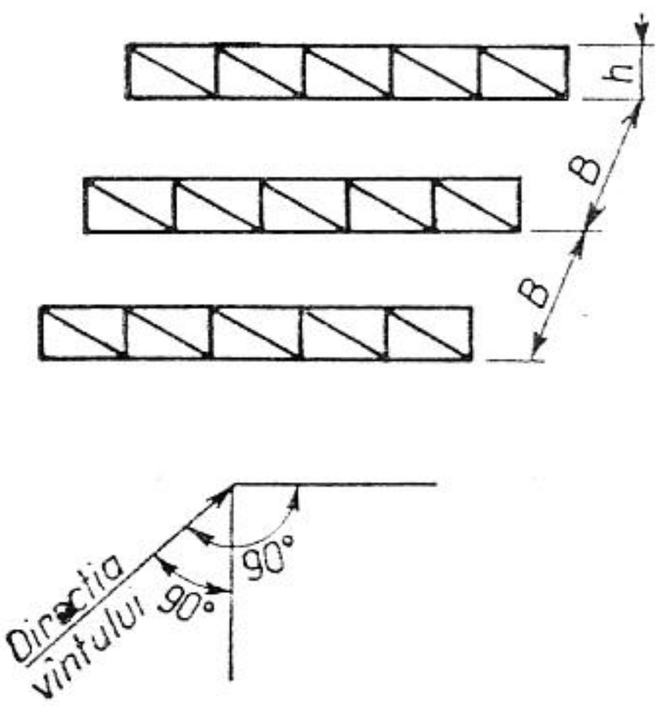
Scheme de încărcări din vînt;
Coeficienții c_t

Nr. crt.	Profilul construcției Scheme de încărcări din vînt	Indicații pentru folosirea schemelor și definirea coeficientului c_t
1		Pentru construcții pătrate și poligonale în plan, coeficientul final c_t se consideră conform tabelului:

Secțiunea	Direcția vîntului	H/a		
		25	7	1
Pătrat	Perpendicular pe o față	2	1,4	1,3
	Pe diagonală	1,5	1,1	1
Poligon regulat, 6—8 laturi, pentru $R_e \geqslant 4 \cdot 10^5$	oarecare	1,4	1,2	1
Poligon regulat, 10—12 laturi, pentru $R_e \geqslant 4 \cdot 10^5$	oarecare	1,2	1	0,8

Observație: Pentru construcții poligonale în plan (pentru orice direcție a vîntului), precum și pentru cele pătrate în plan (pentru direcția vîntului pe diagonală) a reprezintă diagonala secțiunii pe direcția vîntului luată în considerare.

Tabelul 4 (continuare)

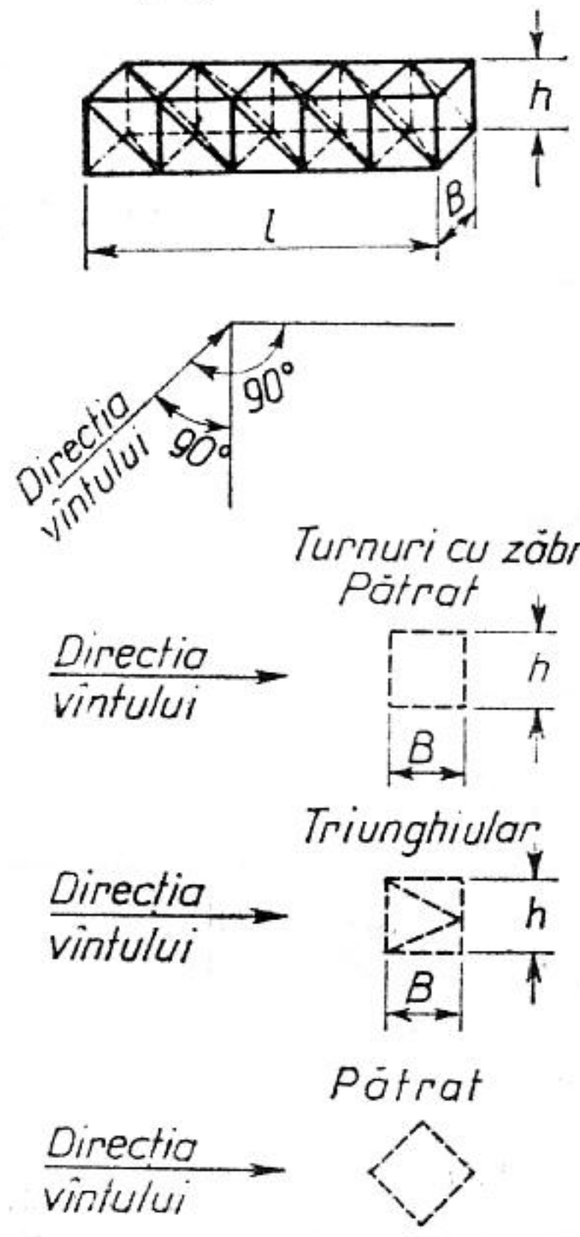
1	2	3
...	.....	.....
3	Secțiunile elementelor cu zăbrele 	$c_t=1{,}4$ (pentru direcția vîntului perpendiculară pe axa elementului) Coeficientul c_t se raportează la proiecția suprafeței construcției sau elementului pe planul perpendicular direcției vîntului.
4	Fermă plană	Coeficientul c_t pentru ferma plană: $c_{t_f}=\frac{\Sigma c_{t_i}\cdot S_i}{S}$; pentru $c_{t_i}=c_t$; $c_{t_f}=c_t\,\varphi$ în care: c_{t_i} ia valori conform nr. crt. 1 și 3 $\varphi=\frac{\Sigma S_i}{S}$ — coeficient de umplere a fermei; S_i — suprafața proiecției elementelor fermei pe planul ei; S — suprafața fermei calculată la gabaritul său exterior.
5	Șir de ferme plane paralele 	Pentru prima fermă, c_{t_f} ia valori conform nr. crt. 4; pentru a doua și următoarele ferme, executate din profile sau țevi, pentru $R_e<4\times10^5$: $c'_{t_f}=c_{t_f}\cdot\eta$, în care: η se ia din tabel, funcție de φ și B/h

φ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	$\geqslant 0{,}6$
B/h	η					
0,5	0,93	0,75	0,56	0,38	0,19	0,00
1	0,99	0,81	0,65	0,48	0,32	0,15
2	1,00	0,87	0,73	0,50	0,44	0,30
4	1,00	0,90	0,78	0,65	0,52	0,40
6	1,00	0,93	0,83	0,72	0,64	0,50

Valorile intermediare pentru η se interpolează liniar.

Pentru construcțiile de importanță deosebită, valorile η se stabilesc pe cale experimentală.

Tabelul 4 (continuare)

1	2	3
6	Fermă spațială 	Coeficientul c_t pentru ferme spațiale (turnuri): $$c_{t_s}=c_{t_f}(1+\eta),$$ în care: c_{t_f} ia valori pentru ferma plană conform nr. crt. 3; η ia valori conform cu nr. crt. 5. Pentru turnuri cu secțiune triunghiulară, coeficientul c_{t_s} se multiplică cu 0,9, dacă $\varphi \geqslant 0{,}1$. La determinarea lui c_{t_s}, valoarea lui c_{t_f} se calculează în toate cazurile în ipoteza că direcția vîntului este perpendiculară pe fața fermei expusă bătăii vîntului. Pentru direcția vîntului pe diagonala turnului pătrat, valoarea lui c_{t_s}, calculată după formulă se multiplică cu coeficientul ψ, care ia următoarele valori: $\psi=1{,}2$ pentru turnuri din beton armat; $\psi=1{,}1$ pentru turnuri din oțel, din elemente simple; $\psi=1{,}2$ pentru turnuri din lemn, din elemente simple;. $\psi=1{,}3$ pentru turnuri din lemn, din elemente compuse

2.12. Prinderile acoperișurilor la streașină și coamă, vîrfurile calcanelor sau colțurile clădirii, se vor calcula la o sucțiune — $2g_v$, aplicată pe porțiuni de acoperiș cu înălțimea de 0,50 m de o parte și de alta a muchiei respective.

Alte indicații privind efectele dinamice ale presiunii vîntului se vor lua conform STAS 10101/20-78.

6.4. Incărcări datorite podurilor rulante [Extras din STAS 10101/2A2-78]

1.3.1. Grupa de funcționare a podului rulant va fi precizată prin tema care stabilește condițiile de exploatare și se va încadra în tabelul 1 astfel:

Tabelul 1

Simbolul	Grupa de funcționare a podului rulant
I	ușor
II	mediu
III	greu
IV	foarte greu
V	foarte greu continuu

2. *Evaluarea încărcărilor*

2.1. Valorile normate ale intensităților forțelor verticale transmise de roțile podurilor rulante sau suspendate, standardizate, se vor lua din STAS 800-68, STAS 6919-70 și STAS 8407-69. Pentru podurile rulante nestandardizate, valorile vor fi indicate de furnizorul podului și vor corespunde cu apăsarea verticală a roților pe șinele căii de rulare.

2.2. Forțele orizontale transversale P_t^n și longitudinale P_l^n se aplică la fața superioară a șinelor căilor de rulare.

Valoarea normată a intensității forțelor orizontale pe una din căi se va lua conform tabelului 2.

La calculul deplasărilor transversale ale structurii halelor și estacadelor, podurile rulante se pot considera ca bare rigide în deschiderea respectivă și deci, forțele orizontale transversale P_t^n pot fi repartizate în mod egal la cele două grinzi ale căii de rulare.

Tabelul 2

Nr. crt.	Forțele orizontale provenind din:	Felul suspensiei	Simbolul forței	Formula de calcul a forței	Reguli și condiții
1	frînarea sau demararea podului (longitudinale, totale)	flexibilă sau rigidă	P_l^n	$P_l^n = \frac{1}{10} \sum_1^{n_{fr}} P_{fr}$ 1)	—
2	frînarea sau demararea căruciorului (transversale, pe fiecare roată)	flexibilă	P_t^n	$P_t^n = \frac{1}{20\, n_r} (Q + G_c)$ 2)	—
		rigidă		$P_t^n = \frac{1}{10\, n_r} (Q + G_c)$ 2)	
3	lovirea podului în opritori (longitudinale)	flexibilă	P_T^n	$P_T^n = \frac{m_f \cdot v_p^2}{f_T}$ 3) respectiv $P_T^n = v_p \sqrt{m_f \cdot k_T}$	vezi pct. 2.2.1...2.2.3
		rigidă		$P_T^n = \frac{m_r v_p^2}{f_T}$ 3) respectiv $P_T^n = v_p \sqrt{m_r \cdot k_T}$	
4	deplasarea oblică a podului, neparalelismul șinelor (transversale)	flexibilă sau rigidă	P_s^n	$P_s^n = \frac{1}{5} P_{max}$ 4)	vezi pct. 2.2.4

Observații:

1) n_{fr} reprezintă numărul roților frînate pe un fir al căii;
   P_{fr} — valoarea forțelor verticale de apăsare transmise de fiecare roată frînată;
2) n_r — numărul roților de pe un fir al căii de rulare;
   Q — încărcarea utilă maximă (capacitatea maximă de ridicare) a podului rulant, în kN;
   G_c — greutatea căruciorului, în kN;
3) $m_f = \frac{1}{g} \left[\frac{G_p}{2} + G_c \cdot \frac{L-l}{L} \right]$

în care:

m_f este masa echivalentă pentru podurile rulante cu suspensie flexibilă, în t;
g — accelerația gravitației ≈ 10 m/s^2;
G_p — greutatea podului rulant (fără cărucior), în kN;
L — deschiderea podului rulant, în m;
l — distanța minimă a centrului de greutate al căruciorului față de axa șinei pe care este montat podul, în m;

$$m_r = \frac{1}{g} \left[\frac{G_p}{2} + (G_c + Q) \frac{L-l}{L} \right],$$

în care:

m_r este masa echivalentă pentru podurile rulante cu suspensie rigidă, în t;

v_p — viteza podului rulant în momentul lovirii, egală cu 0,7 din viteza maximă de deplasare a podului, în m/s;

f_T — comprimarea tamponului sub forța P_T^n, în m; în lipsa unor date suficiente privind constanta de rigiditate elastică a tamponului, se poate admite să se ia în calcul, pentru tanpoanele cu arc:

f_T=0,1 m, pentru poduri cu suspensie flexibilă din grupa de funcționare I, II sau III și capacitate de ridicare sub 50 kN;

f_T=0,2 m, pentru celelalte cazuri;

k_T=constanta de rigiditate elastică a tamponului, în kN/m.

4) P_{max} — intensitatea maximă a forței verticale maxime, transmisă de roți pe șina căii de rulare, în kN.

.....

2.2.2. Forțele P_T^n se vor utiliza exclusiv la verificarea:

a) tampoanelor și prinderile acestora;

b) grinzilor de rulare și prinderile acestora de structura principală a halei (pe baza unei ipoteze justificate privind distribuirea forțelor P_T^n între diferite prinderi ale șirurilor de grinzi de rulare).

2.2.3. În vederea verificării structurii principale a halei, în lipsa unor calcule exacte, forțele orizontale datorite lovirii podului în opritori se vor evalua în funcție de masa podului, masa construcției aferente deschiderii respective și deformarea structurii în direcția forțelor de lovire. În acest caz se poate considera că forțele P_{Ts}^n ce acționează asupra structurii principale la nivelul căii de rulare pentru fiecare din cele două căi, sînt egale cu:

$$P_{Ts}^n = v_s \sqrt{\frac{m_s}{2} k_{sl}} \quad [\text{kN}]$$

în care:

m_s reprezintă masa construcției aferente deschiderii respective, în t;

$v_s = 1{,}5 \dfrac{m_f \cdot v_p}{m_f + m_s}$ sau $v_s = 1{,}5 \dfrac{m_r \cdot v_p}{m_r + m_s}$ după tipul podului, în m/s;

k_{sl} — rigiditatea unui șir de stîlpi antrenați în procesul de deformare (forța care produce deplasarea egală cu unitatea), în kN/m.

2.2.4. Forțele orizontale P_s^n se iau în considerare la verificarea elementelor de prindere a șinei pe grinda de rulare, în calculul grinzii de rulare și frînare, precum și la calculul prinderii acestora.

Verificarea este obligatorie, indiferent de grupa de funcționare a podului, de capacitatea de ridicare și de felul de suspensie a încărcării.

.....

2.4. Valorile coeficienților încărcărilor, pentru verificări la diferite stări limită, sînt conform STAS 10101/0A-77.

2.5. Cazurile în care se iau în considerare coeficienții dinamici se indică în tabelul 4. Valorile coeficienților dinamici ψ (pentru încărcări verticale) și α (pentru încărcări orizontale) se dau în tabelul 5.

Tabelul 5

Felul încărcării	Felul suspensiei	Capacitatea de ridicare a podului	Coeficienții ψ, α	Grupa de funcționare a podului				
				I	II	III	IV	V
Încărcări verticale	flexibilă sau rigidă	oricare	ψ	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Încărcări orizontale (P_t^n și P_l^n)	flexibilă	50... 100 kN	α	1,5	1,8	2,2	2,5	
		101... 200		1,3	1,5	1,8	2,0	
		201...1 250		1,2	1,3	1,4	1,5	
		1 251...2 250		1,0	1,1	1,2	1,3	
		>2 250		1,0	1,0	1,1	1,1	
	rigidă	oricare		1,5				

Tabelul 4

Numărul de poduri lucrînd alăturat sau încărcate simultan

Starea limită considerată		Numărul podurilor cu acțiune simultană	Încărcări verticale			Încărcări orizontale					
						P_l și P_t			P_T	P_{TS}	P_S
			pe șină și elementele de prindere a șinei	pe grinzi de rulare și frînare	pe elementele de structură*	pe grinzi de rulare și frînare	prinderile grinzilor de rulare și frînare	pe elemente de structură	pe grinzi de rulare și tampon	pe elemente de structură*	pe șină și elementele de prindere a șinei
Stări limită ultime	stări limită ultime, exceptînd oboseala	n_p	1	2	numărul real și maximum 4**	2	2	2	1	1	1
		coeficienți dinamici	ψ	ψ***	1	α	2α	1	1	1	—
	starea limită de oboseală	n_p	1	1	—	—	—	—	—	—	—
Stări limită ale exploatării normale	verificări sub efectul încărcărilor totale de exploatare	n_p	1	2	numărul real și maximum 2	2	—	2	—	—	—
	verificarea sub efectul fracțiunilor de lungă durată	n_p	1	1	1	—	—	—	—	—	—

* Inclusiv consolele scurte de rezemare a grinzilor

** Maximum 2 în aceeași deschidere

*** În cazul cînd se consideră 2 poduri încărcate în aceeași deschidere a grinzii de rulare, valorile coeficientului ψ, date în tabelul 5, se vor scădea cu 0,1.

Observații:

1. Se admite calculul cu un singur pod rulant numai în cazurile cînd nu este posibilă montarea unui al doilea pod pe aceeași cale de rulare.

2. Pentru elementele de structură, care susțin grinzile de rulare, cînd se iau 4 poduri, acestea se vor considera cel mult 2 în aceeași deschidere.

2.6. Pentru calculul elementelor de structură, cu excepția grinzilor de rulare, valoarea forțelor provenind din mai multe poduri rulante se va înmulți cu coeficienții de simultaneitate din tabelul 6.

.....

Pentru grinzile de rulare, fiecare pod rulant se consideră ca o încărcare distinctă în alcătuirea grupărilor de încărcări, fără a aplica coeficientul de simultaneitate.

Tabelul 6

Numărul de poduri care acționează simultan n_p	Grupa de funcționare a podului cu cea mai mare capacitate de ridicare	Coeficient de simultaneitate
2	I și II	0,85
	III, IV și V	0,95
3, 4 sau mai multe	I și II	0,70
	III, IV și V	0,80

.....

6.5. Greutăți tehnice și încărcări permanente

(Extras din STAS 10101/1-78)

.....

2. *Evaluarea încărcărilor permanente*

2.1. Încărcări permanente, datorite unor cauze ca:

a) greutatea elementelor de construcție cu caracter permanent (inclusiv a elementelor portante și de închidere);

b) greutatea și împingerea pămîntului (terasamente, umpluturi) și presiunile muntelui; se manifestă de regulă ca sisteme de forțe date, acționînd static.

Aceste forțe se determină conform datelor din proiect și condițiilor prevăzute pentru execuție. În cazul unei fundamentări tehnico-economice corespunzătoare se poate considera modificarea de perspectivă a acesteia.

2.2. Intensitățile normate ale încărcărilor datorite greutății elementelor de construcție și pămînturilor se determină pe baza datelor de la pct. 4 și 5 sau în cazurile necesare, pe baza datelor furnizate de întreprinderile producătoare ale diferitelor materiale de construcție, sau pe baza unor determinări directe.

În evaluarea acestor încărcări se consideră efectul umidității și a gradului de îndesare în condițiile specifice de execuție și exploatare.

2.3. Valorile normate ale forțelor datorite precomprimării se determină pe baza standardelor și normativelor de specialitate. În determinarea acestor valori se vor considera variația în timp a intensității precomprimării, ca și specificul de acțiuni, ținînd seama de modul de realizare.

2.4. În cazurile cînd încărcările permanente au un efect favorabil asupra siguranței construcțiilor se vor avea în vedere coeficienții subunitari ai acestor încărcări.

De regulă coeficienții încărcărilor permanente, considerați în calcule, se vor lua în același sens pentru toată structura sau partea de structură calculată.

3. *Coeficienții încărcărilor*

Valorile coeficienților încărcărilor pentru verificări la diferite stări limită, sînt conform STAS 10101/0A-77.

4. *Greutăți tehnice*

4.1. Evaluarea greutăților elementelor de construcții și a acțiunilor permanente se stabilesc pe baza valorilor greutăților tehnice ale materialelor și produselor de orice natură, în starea în care ele încarcă construcțiile.

4.2. Greutățile tehnice reprezintă:

— greutăți specifice pentru materialele omogene și compacte (metale, lichide etc.);

— greutăți specifice aparente pentru materiale neomogene, poroase sau cu goluri (lemn, cărămidă, beton);

— greutăți specifice în grămadă sau în vrac (pentru balast, cărbune, ciment, cereale etc.), în stivă (pentru cherestea, hîrtie, cărămizi etc.) sau în ambalaj (pentru conserve, ouă, fructe etc.).

4.3. Pentru evaluarea încărcărilor în calculul construcțiilor se folosesc greutățile din tabelele 1, 2 și 3 și densitățile lichidelor din tabelul 4.

.....

4.5. Valori normate ale greutăților tehnice

Tabelul 1

Nr. crt.	Denumirea materialului	Greutatea tehnică N/m³
	2. Lemn de construcție	
2.1.	Foioase (fag, gorun, salcîm, stejar):	
	— uscat în aer (15% umiditate)	8 000
	— proaspăt tăiat sau umed.	10 000
2.2	Rășinoase (brad, larice, molift, pin):	
	— uscat în aer (15% umiditate)	6 000
	— proaspăt tăiat sau umed	8 000
	— cherestea de brad așezată, în stive.	5 000
Observații: — În greutățile tehnice ale lemnului de construcții uscat în aer este cuprinsă și greutatea fierăriei mărunte (cuie, buloane etc.) a panelor etc., restul fierăriei (tiranți, gusee, saboți), se consideră separat. — Greutățile tehnice ale lemnului uscat se măresc cu 1 000 N/m³ pentru lemnul impregnat.		
	3. Metale	
3.1.	Alamă laminată	86 000
3.2.	Aliaje de aluminiu	28 000
3.3.	Aluminiu	27 000
3.4.	Bronz	86 000
3.5.	Cositor	74 000
3.6.	Cupru laminat	89 000
3.7.	Fontă	72 500
3.8.	Oțel de construcții	78 500
3.9.	Plumb	114 000
3.10.	Zinc: — laminat	72 000
	— turnat	69 000

Tabelul 1 (continuare)

	4. Betoane de ciment	
4.1.	Beton simplu (cu pietriș sau piatră spartă)	24 000
4.2.	Beton armat (cu pietriș sau piatră spartă)	25 000
...		
4.4.	Beton cu agregate din zgură expandată:	
	— marca B 15...50	14 000
	— marca B 75	18 000
	— marca B 100...150	20 000
4.5.	Betoane cu agregate vegetale:	
	— conform prescripțiilor speciale, ținînd seama de tipul respectiv de beton	6 500...10 000
4.6.	Beton cu granulit:	
	— marca B 10	7 000
	— marca B 15...75	11 000
	— marca B 100	13 000
	— marca B 150	17 000
4.7.	Beton celular autoclavizat (gazbeton) (STAS 8036-72):	
4.7.1.	produs pe bază de nisip (GBN), în stare uscată:	
	— marca GB 25	5 000
	— marca GB 35	6 000
	— marca GB 50	7 000
4.7.2.	produs pe bază de cenușă (GBC), în stare uscată:	
	— marca GB 25	5 500
	— marca GB 50	7 500
4.7.3.	produs pe bază de nisip (GBN) în stare umedă:	
	— marca GB 25	6 000
	— marca GB 35	7 200
	— marca GB 50	8 400
4.7.4.	produs pe bază de cenușă (GBC), în stare umedă:	
	— marca GB 25	6 900
	— marca GB 50	9 400

Observații:

— În cazul utilizării în proiectul construcției a unui beton cu o greutate tehnică mai mică decît a betonului obișnuit (simplu sau armat), se va indica în proiect greutatea tehnică respectivă și prescripția oficială care reglementează tehnologia acestui beton.
— Greutatea tehnică a betonului proaspăt turnat se ia mai mare ca aceea a betonului uscat, din tabel, cu 2 000 N/m^3.
— Greutatea tehnică a betonului armat de 25 000 N/m^3 corespunde unei armături de 1 000 N/m^3 beton. Calculul exact se poate face cunoscînd cantitatea de armătură dintr-un m^3 de beton și greutatea tehnică a betonului simplu de 24 000 N/m^3.
— Greutatea tehnică a betonului armat cu armătură rigidă (din laminate de oțel) se determină ca sumă a greutății tehnice a betonului și a armăturii dintr-un m^3.

	5. Mortare	
5.1.	Mortar de ciment:	
	— întărit	21 000
	— proaspăt	22 000
5.2.	Mortar de ciment-var:	
	— întărit	19 000
	— proaspăt	20 000
5.3.	Mortar de var sau ipsos:	
	— întărit	17 000
	— proaspăt	19 000

Tabelul 1 (continuare)

5.4.	Pastă de ipsos:	
	— întărită	12 000
	— proaspătă	14 000
5.5.	Mortar de argilă:	
	— întărit	16 000
	— proaspăt	18 000
	6. Cărămizi și blocuri pentru zidărie	
6.1.	Cărămizi pline presate pe cale umedă (STAS 457-71):	
	— clasa C_1	13 000
	— clasa C_2	15 000
	— clasa C_3	18 000
6.2.	Cărămizi găurite cu lambă și uluc (STAS 2945-73):	
	— clasa C_0	10 000
	— clasa C_1	13 000
	— clasa C_2	15 000
...		
6.4.	Cărămizi și blocuri cu goluri orizontale (STAS 8560-74):	
	— clasa C_0	10 000
	— clasa C_1	13 000
...		
6.9.	Blocuri mici din beton, pline sau cu goluri, cu agregate ușoare (STAS 6029-74):	
	— clasa C_1	13 000
	— clasa C_2	15 000
	— clasa C_3	18 000
6.10.	Blocuri mici din beton celular autoclavizat tip GBN (produs pe bază de nisip), pentru zidărie portantă (STAS 10833-76):	
	— marca GB 35	7 200
	— marca GB 50	8 400
	7. Zidărie	
7.1.	Zidăria din cărămizi pline presate pe cale umedă (STAS 457-71):	
	— clasa C_1	14 500
	— clasa C_2	16 000
	— clasa C_3	18 500
7.2.	Zidărie din cărămizi cu găuri verticale (STAS 5185/1,2-75):	
	— clasa C_1	14 500
	— clasa C_2	16 000
7.3.	Zidărie din blocuri mici cu goluri din beton cu agregate ușoare (STAS 6029-74):	
	— clasa C_1 (cu agregate de Pătîrlagele sau granulit)	12 000
	— clasa C_1 (cu alte agregate)	13 500
	— clasa C_2	15 500
7.4.	Zidărie din blocuri mici sau plăci de beton autoclavizat de tipul GBC:	
	— marca 50	10 500
7.5.	Zidărie din blocuri mici sau plăci de beton celular autoclavizat de tipul GBN:	
	— marca GB 35	8 500
	— marca GB 50	9 500
...		

Tabelul 1 (continuare)

	9. Diverse materiale de construcţii	
9.1.	Argilă, lut, pămînt galben pentru umplutură	18 000
9.2.	Balast sub cale	20 000
9.3.	Beton asfaltic	24 000
9.4.	Bitum	12 000
...		
9.6.	Ciment:	
	— vărsat, afînat	12 500
	— îndesat (în siloz)	16 000
	— în saci	14 000
9.7.	Granulit ușor, în grămadă afînată, uscat pentru izolaţii	6 000
9.9.	Ipsos pentru pardoseli:	
	— în siloz	12 000
	— în saci	10 000
...		
9.12.	Nisip:	
	— uscat	16 000
	— umed natural	19 000
9.13.	Pămînt uscat pentru umplutură	16 000
9.14.	Pămînt umed	18 000
...		
9.19.	Pietriș:	
	— uscat	16 000
	— umed	17 000
...		
9.21.	Polistiren expandat	200
...		
9.24.	Spumă rigidă de polistiren	600
9.25.	Sticlă:	
	— obișnuită	26 000
	— organică	12 000
...		
9.27.	Var hidraulic vărsat	12 000
9.28.	Var în pastă	14 000
9.29.	Var nestins în bulgări	10 000
9.30.	Var nestins în praf:	
	— îndesat	8 000
	— în saci	7 000
9.31.	Vată minerală (STAS 5838/2-78) sub încărcare de 0,2 N/cm^2	1 000
9.32.	Vată de sticlă (STAS 6881-80), sub încărcare de 0,2 N/cm^2	1 000
9.33.	Zgură expandată în grămadă, în stare afînată și uscată:	
	— 0...7 mm	10 000
	— 7...30 mm	7 000

Tabelul 2

Greutăţi tehnice pentru diverse materiale de construcţii

Nr. crt.	Denumirea	Greutatea tehnică N/m^2
1	Carton bitumat fără strat de acoperire (STAS 138-76):	
	— CI 250	5,00
	— CI 300	6,00
	— CI 333	6,5
	— CI 400	8,0
	— CI 500	10,0

Tabelul 2 (continuare)

Nr. crt.	Denumirea	Greutatea tehnică N/m²
2	Carton bitumat cu strat de acoperire (STAS 138-76):	
	— CA 250	13,00
	— CA 270	15,0
	— CA 300	21,0
	— CA 333	21,5
	— CA 360	21,6
	— CA 360/F	17,0
	— CA 400	23,0
	— CA 400/F	17,0
	— CA 400	24,0
	— CA 500	26,0
	— CA 500/F	20,0
	— CA 500/E	29,0
	— CA 500/3	32,0
	— CPB 300	20,0
	— CPB 360	21,6
.....	.....	.....
6	Pînză bitumată (STAS 1046-78):	
	— tip 50	5,0
	— tip 40	5,0
	— tip A 55	30,0
	— tip A 45	28,0
	— tip A 35	25,0
	— tip A 30	28,0

5. *Încărcări permanente*

5.1 Valorile normate ale intensității încărcărilor permanente curente sînt date în tabelul 5

Tabelul 5

Nr. crt.	Elemente de construcție	Valoarea încărcării N/m²
1. Elemente din beton și beton armat (pentru 1 cm grosime)		
1.1.	Beton simplu (cu pietriș sau piatră spartă)	240
1.2.	Beton armat (cu pietriș sau piatră spartă)	250
1.3.	Beton cu agregate din spărturi ceramice	180
1.4.	Beton cu granulit:	
	— marca B 10	70
	— marca B 15...75	110
	— marca B 100	130
	— marca B 150	170
1.5.	Beton cu agregate din zgură expandată:	
	— marca B 15...50	140
	— marca B 75	180
	— marca B 100...150	200

Tabelul 5 (continuare)

Observații:

1 — Greutatea tehnică a betonului proaspăt turnat se determină sporind valoarea din tabel cu 2 000 N/m³

2 — Greutatea tehnică a betonului armat de 25 000 N/m³ corespunde unei armături de 1 000 N/m³ beton. Calculul exact se poate face cunoscînd cantitatea de armătură dintr-un m³ de beton și greutatea tehnică a betonului simplu de 24 000 N/m³.

3 — Greutatea tehnică a betonului armat cu armătura rigidă (din laminate de oțel) se determină ca sumă a greutății tehnice a betonului și armăturii dintr-un m³.

2.	Învelitori (încărcare pe m² de suprafață înclinată)	
2.1.	Azbociment (inclusiv șipcile și căpriorii):	
	— plăci plane de 4 mm grosime (STAS 5584-73):	
	așezate simplu	240
	așezate dublu	390
	— plăci ondulate cu ondule mici de 5,5 mm grosime (STAS 5936/1-75)	250
	— plăci ondulate cu ondule medii cu 6 mm grosime (STAS 5936/1-75)	230
	— plăci ondulate cu ondule mari de 6 mm grosime (STAS 5936/1-75)	200
2.2.	Carton bitumat de greutate medie într-un singur strat acoperit cu bitum și presat cu nisip (STAS 138-76)	50
	Observație — Pentru alte alcătuiri, a se vedea nr. crt. 3.1. Izolații hidrofuge	
2.3.	Ceramice (inclusiv șipcile și căpriorii)	
	— olane de acoperiș (23 N/buc) (STAS 513-74) exclusiv mortarul de ciment	1 250
	— țigle solzi (13,5 N/buc) din argilă arsă (STAS 515-79):	
	pe un rînd	650
	pe două rînduri	850
	cu jgheab, presate (26 N/buc)	500
	cu jgheab, trase (24 N/buc)	500
2.4.	Lemn (inclusiv șipcile și căpriorii)	
	— șindrilă sau șiță	400
2.5.	Sticlă	
	— geamuri armate (inclusiv sprosurile) de:	
	5 mm grosime	300
	6 mm grosime	350
2.6.	Tablă	
	— zincată (STAS 2028-80) sau neagră (STAS 1946-80) inclusiv astereala și căpriorii	300
	— ondulată (de 1 mm grosime) (STAS 2029-80) inclusiv materialul de fixare	120
3.	Izolații (încărcare pe m³ de suprafață înclinată)	
3.1.	Izolații hidrofuge	
3.1.1.	Materiale bitumate în foi:	
	— carton bitumat	20
	— pînză bitumată	30
3.1.2.	Mase bituminoase (soluții pentru amorsare, suspensii de bitum filerizat, mastic):	
	— celochit, strat rezultat în grosime de 1,7...2 mm	20
	— suspensie de bitum filerizat (subif) strat rezultat în grosime de 1,5 mm peste pînză	20
	— strat pentru amorsare	1

Tabelul 5 (continuare)

	— strat pentru lipire și etanșare, mastic din bitum cu circa 30 % filer de 1,7...2 mm grosime	20
3.1.3.	Straturi ce servesc ca bariere de vapori:	
	— două straturi de bitum topit cu circa 20 % filer aplicat peste un strat de amorsaj	35
	— un strat de carton bitumat tip CA 500 (STAS 138-76) între două straturi de bitum cu circa 20 % filer aplicat peste un strat de amorsaj	60
3.1.4.	Straturi ce servesc la izolația hidrofugă de la acoperișuri:	
	— trei straturi de carton bitumat tip CA 500 (STAS 138-76) între 4 straturi de bitum filerizat cu circa 20 % filer aplicate peste un strat de amorsaj și cu protecție dintr-un strat uniform de nisip grăunțos	175
	— două straturi din pînză bitumată A 55 (STAS 1046-78) și un strat de carton bitumat CA 500 (STAS 138-76) între patru straturi de bitum filerizat cu circa 20 % filer aplicate peste un strat de amorsaj și protejate cu un strat uniform de nisip grăunțos	190
	— un strat de pînză bitumată A 55 (STAS 1046-78) și două straturi de împîslitură de fibre de sticlă bitumată tip IA (STAS 7916-80) între patru straturi de bitum filerizat cu circa 20 % filer, aplicate peste un strat de amorsaj și presărat cu un strat uniform de nisip grăunțos	175
	— un strat de pînză bitumată tip A 55 (STAS 1046-78), un strat de împîslitură din fibre de sticlă bitumată tip IA și un strat de împîslitură bitumată tip IB (STAS 7916-80) aplicate peste un strat de amorsaj și lipite cu trei straturi de mastic	130
	— două straturi de pînză bitumată tip 50 sau tip 40 (STAS 1046-78) între straturi de suspensie de bitum filerizat — subif — (STAS 558-71) și celochit (STAS 661-71), fără șapă de protecție	120
3.1.5.	Straturi de protecție utilizate la hidroizolare aplicate la acoperișuri peste hidroizolația terminată:	
	— mortar bituminos cu subif (pentru 1 mm grosime)	22
	— nisip Ø 1...3 mm, așternut uniform	30
	— un strat uniform de nisip grăunțos așternut într-un strat de mastic (strat suplimentar)	50
	— un strat uniform de pietriș așternut într-un strat de mastic fierbinte (strat unic, exclusiv bitumul)	200
	— un strat de pietriș gros de 4 cm, simplu așezat pe terase necirculabile, aplicat peste hidroizolația terminată	700
	— dale de beton prefabricate (20 × 20 × 3 cm) pe pat de nisip de 2 cm grosime	1 000
3.2.	Izolații termice	
3.2.1.	Azbest plăci (pentru 1 cm grosime)	120
3.2.2.	Beton (pentru 1 cm grosime):	
	— cu agregate de granulit	110
	— cu agregate de zgură expandată	140
	— cu agregate vegetale (plăci nemontate)	65
	— celular autoclavizat tip GBN	60
	— celular autoclavizat tip GBC	69
3.2.3.	Mase plastice (pentru 1 cm grosime):	
	— masă celulară Ampora	3
	— polistiren expandat	3
	— spumă rigidă de poliuretan	6

ANEXA 7

ALEGEREA OȚELURILOR PENTRU CONSTRUCȚII METALICE
(Extras din STAS R 8542-79)

Standardul-recomandare, R 8542-79 cuprinde criterii generale pentru alegerea clasei de calitate a oțelurilor din STAS 500/1-78 și STAS 9021-80 destinate utilizării în construcții metalice, în scopul evitării pericolului ruperilor fragile.

2. *Clase de calitate*

2.1. Oțelurile pentru construcții metalice din STAS 500/1-78 și 9021-80 se clasifică după garanția de tenacitate dată la livrare în clase de calitate, conform tabelului 1.

Tabelul 1

Clasa de calitate	1	2	3	4	5	6	7
Energia de rupere kV=28 Jouli la temperatura (°C):	—	+20	0	−20	−30	−40	−50

3. *Temperatura minimă de proiectare*

3.1. Temperatura minimă de proiectare reprezintă cea mai scăzută temperatură care se are în vedere la alegerea clasei de calitate a oțelurilor.

3.2. Temperatura minimă de proiectare se alege ca cea mai scăzută temperatură dintre:
- temperatura minimă de serviciu;
- valoarea medie cea mai scăzută a temperaturii mediului ambiant pe o perioadă de 24 ore, atunci cînd scăderea temperaturii metalului se face cu viteze mici.

4. *Coeficient de periculozitate*

4.1. Coeficientul de periculozitate reprezintă o evaluare cantitativă empirică a naturii și severității solicitărilor, care se are în vedere la alegerea clasei de calitate a oțelurilor.

4.2. Coeficientul de periculozitate se calculează cu relația:

$$G = K \cdot S \cdot B,$$

în care:

G reprezintă coeficientul de periculozitate;
K — factorul constructiv;
S — factorul de importanță a elementului de construcție;
B — factorul de solicitare.

4.3. Valorile factorilor K, S, B se aleg în baza indicațiilor din tabelul 2. Aceste indicații nu sînt limitative, pentru fiecare tip de construcție putînd fi aduse precizări și recomandări suplimentare.

4.4. Valorile factorului de periculozitate G se rotunjesc la una din următoarele valori: 3,0; 2,5; 2,0; 1,5; 1,0; 0,5.

5. *Alegerea clasei de calitate*

5.1. Alegerea clasei de calitate a oțelului utilizat la o construcție sau element de construcție se face funcție de temperatura minimă de proiectare, coeficientul de periculozitate și grosimea produsului, conform diagramei anexate.

5.2. În cazul în care se produc schimbări de proprietăți datorită condițiilor de punere în operă sau exploatare, va trebui să se asigure că în starea finală sînt satisfăcute condițiile de tenacitate specifice clasei de calitate rezultate din diagramă.

5.3. Pentru construcțiile sudate, îmbinările sudate trebuie să asigure condițiile de tenacitate specifice materialului de bază.

5.4. Pentru construcțiile sudate, se vor asigura precauțiuni adecvate, astfel încît nivelul tensiunilor reziduale să fie cît mai scăzut.

6. *Indicații generale*

6.1. În cazul construcțiilor importante cu soluții constructive complexe, care lucrează în condiții deosebite de solicitare și temperatură, precum și în cazul construcțiilor de mare serie la care se obțin efecte economice importante din alegerea judicioasă a clasei de calitate, se recomandă să se facă încercări suplimentare specifice, simulate sau pe ansambluri și subansambluri.

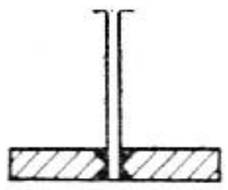
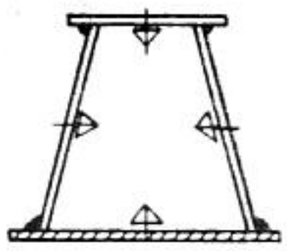
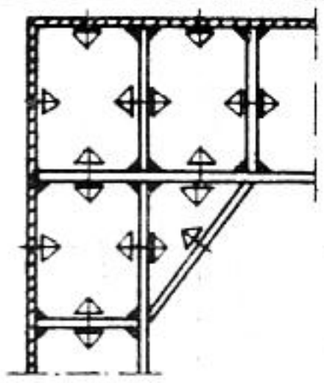
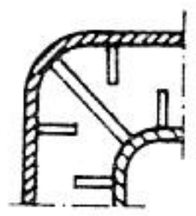
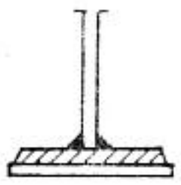
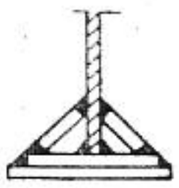
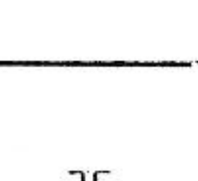
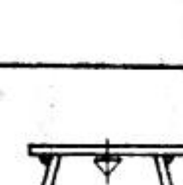
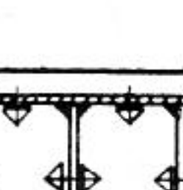
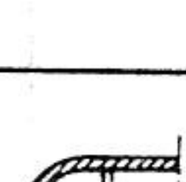
Tabelul 2

Denumirea factorului	Simbol	Tipul construcției sau a elementului	Valoarea factorului
Factor constructiv	K	— construcții nituite, elemente fără ansamblări prin sudură	0,5
		— stîlpi, grinzi cu zăbrele, reazeme — grinzi cu forme constructive conform tabelului 3, *c*	1,0
		— grinzi cu inimă plină cu forme constructive conform tabelului 3, *b* — elemente de construcție cu rigidizări și variații mari de secțiuni	1,4
		— elemente de construcție cu forme constructive conform tabelului 3, *a* — construcții și elemente de construcții cuprizînd plăci cu rigidizări, care lucrează în stare biaxială de solicitări (rezervoare, buncăre etc.).	2,0
Factor de importanță	S	— elemente de constructie care nu sînt prinse în sistemul de rezistență al unei structuri, a căror avarie nu afectează funcționalitatea structurii	0,5

Tabelul 2 (continuare)

Denumirea	Simbol	Tipul construcției sau a elementului	Valoarea factorului
		— elemente de construcție care nu sînt prinse în sistemul de rezistență al unei structuri a căror avariere afectează funcționalitatea structurii	0,8
		— elemente de construcție cuprinse în sistemul de rezistneță al stucturi	1,0
Factor de solicitare	*B*	— elemente de rigidizare — elemente de construcție solicitate la compresiune — elemente de construcție supuse la solicitări scăzute	0,5
		— elemente de rezistență nedetensionate supuse la solicitări statice (viteze de solicitare sub 500 N/mm².s) care sînt date în exploatare la temperaturi peste 0°C — elemente de rezistență detensionate	1,0
		— elemente de rezistență nedetensionate supuse la solicitări dinamice (cu viteze de solicitare peste 500 N/mm² · s)	1,5

Tabelul 3

	Tipuri îmbinări sudate			
a				
b				
c				

Diagramă anexa 7

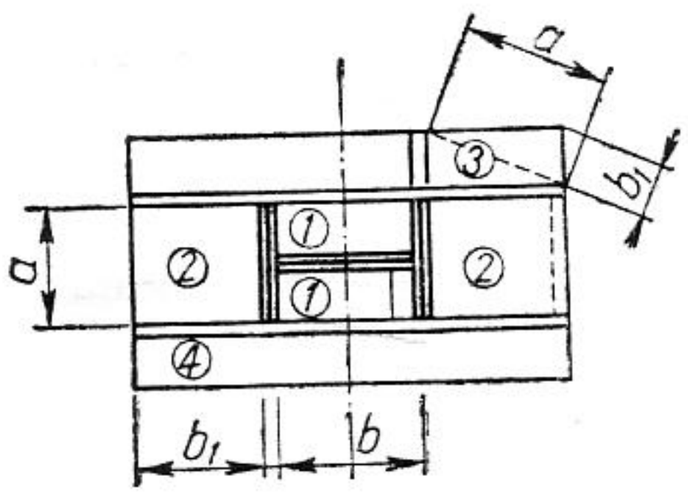
Coeficient de periculozitate $G = K \times S \times B$	Temperatura minimă de proiectare în [°C]						Grosimea produsului x) (mm)
	-0	-10	-20	-30	-40	-50	5 10 15 20 25 30 35 40 45
						3,0	
					3,0	2,5	
				3,0	2,5	2,0	
			3,0	2,5	2,0	1,5	
		3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	
	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	
	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5		
	2,0	1,5	1,0	0,5			

Clasa de calitate 7
Clasa de calitate 6
Clasa de calitate 5
Clasa de calitate 4
Clasa de calitate 3
Clasa de calitate 2n
Clasa de calitate 1n
Clasa de calitate 2K

x) Pentru profile se ia grosimea medie a tălpii

ANEXA 8

INDICAȚII PRIVIND CALCULUL EFORTURILOR ÎN PLACA DE BAZĂ A STÎLPILOR



Secțiunea stîlpului și traversele sale diferențiază pe placa de bază patru tipuri de plăci:

— placa tip 1, rezemată pe întreg conturul;
— placa tip 2, rezemată pe trei laturi;
— placa tip 3, rezemată pe două laturi;
— placa tip 4, în consolă.

Pentru placa tip 1 se calculează momentul încovoietor pe o fișie de 1 cm lățime, paralelă cu latura scurtă a, cu relația:

$$M=\alpha\sigma_b a^2$$

Pentru placa tip 2 se calculează momentul încovoietor pe o fișie de 1 cm lățime, paralelă cu latura liberă a, cu relația:

$$M=\beta\sigma_b a^2$$

Pentru placa tip 3, momentul încovoietor se calculează cu relația $M=\beta\sigma_b a^2$, unde a are semnificația din figură.

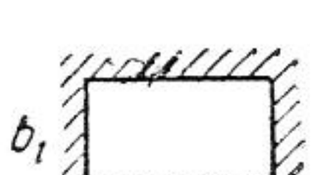
Pentru placa tip 4, momentul încovoietor se calculează ca pentru o consolă cu lățimea de 1 cm.

Coeficienții α, β rezultă din tabelul 1.

Termenul σ_b reprezintă presiunea efectivă pe beton, în panoul ce se calculează.

Tabelul 1

Coeficienții α, β pentru calculul plăcii de bază

Placă rezemată pe 4 laturi (contur)	b/a	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
	α	0,048	0,055	0,063	0,069	0,075	0,081
	b/a	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	>2,0
	α	0,086	0,091	0,0094	0,098	0,100	0,125
Placă rezemată pe 3 laturi 	b_1/a	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	β	0,060	0,074	0,088	0,097	0,107	0,112
	b_1/a	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	>2,0
	β	0,120	0,126	0,128	0,130	0,132	0,133

BIBLIOGRAFIE

1. Belenia, E. I. ș.a. *Stalnie konstrukții.* Izd. Lit. Stroit. Moskva, 1973.
2. Caracostea A. și col. *Manual pentru calculul construcțiilor.* Editura tehnică, București 1977.
3. Dalban C., Juncan N., Varga Al. *Construcții metalice.* Editura didactică și pedagogică, București, 1977.
4. Gheorghiu Al. *Statica construcțiilor.* Editura didactică și pedagogică, București, 1975.
5. Georgescu Dr. *Construcții cu structură metalică,* I.C.B., 1967.
6. Ghiocel D., Lungu D. *Acțiunea vîntului, zăpezii și variațiilor de temperatură în construcții.* Editura tehnică, București, 1972.
7. Mazilu P. *Rezistența materialelor,* I.C.B., 1974.
8. Mateescu D., Roșu D., Caraba I. *Construcții metalice, exemple de calcul.* Editura didactică și pedagogică, București, 1972.
9. Massonnet, Ch. *Elemente de statique des constructions, Fascicule 2 Construction metallique* Deuxieme edition Liege, 1972.
10. Melnicov, N. (sub redacție) — *Spravocinik proektirovșcica Metalliceskie Konstrukții promișlenih zdanii i soorujenii.* Moskva, 1962.
11. Muhanov, K. K. *Metalliceskie konstrucții,* Moskva, Gostroizdat, 1963.
12. Popescu, V. *Construcții metalice* (ed. III), Editura tehnică, București, 1975.
13. Popescu, V., Georgescu, Dr., Chesaru, E. *Construcții metalice și tehnologia execuției* (curs pentru subingineri) I.C.B., 1973.
14. Pătrîniche, N., Siminea, P., Chesaru, E. *Construcții metalice.* I.C.B., 1980.
15. Pătrîniche, N., Diacu I., Manea, Gh. *Îndrumar de proiectare (Platformă industrială metalică),* I.C.B., 1973.
16. Siminea P., Negrei L., *Construcții metalice și tehnologia execuției. Aplicații pentru subingineri.* Editura didactică și pedagogică, București, 1975.
17. Strelețkii N. S. ș.a. *Metalliceskii konstrukții.* Moskva, Gostroizdat, 1961.
18. Teodorescu, C. C., Mocanu D., Buga M. *Îmbinări sudate.* Editura tehnică, București, 1972.
19. Umanski A. A. (sub redacția). *Spravocinik proektirovscica promișlenih, jilih i obșcestvennih zdanii i soorujenii,* Moskva, 1960.
20. * * * *SNIP II-V.3-72. Construcții metalice. Norme de proiectare.*
21. *ITBTB-CTICM* (Franța) *Règles des calcul des Constructions en acier* (CM 1966).
22. * * * *Projet NBN B54-001 Charpentes en Acier* (5e *ed*) 1975 Belgique.
23. * * * *Norwegian Standard NS 3472 E* First edition, 1973.
24. * * * *STAS 10108/0-78. Construcții civile, industriale și agricole. Calculul elementelor din oțel*

Coli de tipar: 23,25. Format: 16/70×100.
Bun de tipar: 25. XI. 1982. Nr. plan: 9049.
Ediția: 1982.

Tiparul executat sub comanda nr. 225/1982,
la Întreprinderea Poligrafică „Crișana",
Oradea, str. Moscovei nr. 5.
Republica Socialistă România